



Proyecto Fin de Carrera

ANÁLISIS DEA: EFICIENCIA DE LOS CLUBS DE LA BARCLAYS PREMIER LEAGUE

Autor

Raquel de Pablo Sanz

Directora

María Pilar Latorre Martínez

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2014

Memoria

ANÁLISIS DEA: EFICIENCIA DE LOS CLUBS DE LA BARCLAYS PREMIER LEAGUE

Autora: Raquel de Pablo Sanz

Directora: María Pilar Latorre Martínez

Ponente: Luis Navarro Elola

Departamento de Economía y Dirección de Empresas

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Titulación: Ingeniería Industrial

Mención: Organización Industrial

Fecha: Diciembre 2014

Tabla de contenido

ANÁLISIS DEA: EFICIENCIA DE LOS CLUBS DE LA BARCLAYS PREMIER LEAGUE.....	6
RESUMEN	6
AGRADECIMIENTOS.....	7
1. INTRODUCCIÓN	8
2. ESTUDIO DE TÉCNICAS APLICABLES PARA ALCANZAR LA EFICIENCIA.....	10
2.1 EFICIENCIA EN EL FÚTBOL	10
2.2 BENCHMARKING	11
3. ANÁLISIS DEA	12
3.1. INTRODUCCIÓN.....	12
3.2. SELECCIÓN DE UNIDADES DE DECISIÓN.....	12
3.3. ELECCIÓN DE LAS VARIABLES	12
3.3.1. VARIABLES DE ENTRADA O INPUTS	13
3.3.2. VARIABLES DE SALIDA U OUTPUTS.....	14
3.4. EVALUACIÓN DE LAS DMU'S	15
3.5 APLICACIÓN DEL MÉTODO DEA	16
3.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	21
4. CONCLUSIONES.....	23
ANEXOS	26
A. EL FÚTBOL.....	28
HISTORIA Y ORÍGENES.....	28
EL FÚTBOL INGLÉS.....	29
LA PREMIER LEAGUE	30
PATROCINIO Y FINANZAS	30
B. EL BENCHMARKING	33
DEFINICIÓN	33
ORÍGENES DEL BENCHMARKING.....	34
¿POR QUÉ INSTALAR EL BENCHMARKING?.....	35
TIPOS O NIVELES DE BENCHMARKING	35
ETAPAS DEL BENCHMARKING	36
APLICACIONES DEL BENCHMARKING	37
EJEMPLOS DE USO DEL BENCHMARKING	37
CONCLUSIÓN.....	38
C. EFICIENCIA	40

CONCEPTO	40
EFICIENCIA PRODUCTIVA	40
DIMENSIONES O TIPOS DE EFICIENCIA	40
MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA	42
EFICIENCIA TÉCNICA	42
EFICIENCIA ASIGNATIVA	44
EFICIENCIA ECONÓMICA.....	46
D. EL MÉTODO DEA	48
INTRODUCCIÓN.....	48
EL MÉTODO DEA	48
VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	49
MODELOS	51
MODELO CCR	51
MODELO BCC	52
E. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	55
F. BASE DE DATOS SELECCIONADA.....	63
INPUTS	63
OUTPUTS	67
G. RESULTADOS ANÁLISIS DEA.....	72
H. PROGRAMA MINITAB	76
INTRODUCCIÓN.....	76
MENÚ PRINCIPAL	76
INTRODUCCIÓN DE DATOS	77
ESTADÍSTICAS	78
I. PROGRAMA MATLAB	82
ASPECTOS GENERALES DE LA HERRAMIENTA.....	82
ENTRADA DE DATOS	83
CARGA DE DATOS EN MATLAB.....	84
APLICACIÓN DEL MODELO	85
J. CÓDIGOS MATLAB	88
MODELO CCR ORIENTADO A LOS OUTPUTS	88
MODELO BCC ORIENTADO A LOS OUTPUTS	95
K. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN	103
BIBLIOGRAFÍA	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Inputs	13
Tabla 2 - Outputs	14
Tabla 3 - Estadísticos	15
Tabla 4 - Eficiencia	17
Tabla 5 - Eficiencia por ciudades.....	18
Tabla 6 - Benchmarks	19
Tabla 7 - Modelos DEA.....	21
Tabla 8 - Correlación de Spearman.....	21
Tabla 9 - Interpretación según el coeficiente	22
Tabla 10 - Revisión bibliográfica 1	57
Tabla 11 - Revisión bibliográfica 2	58
Tabla 12 - Revisión bibliográfica 3	59
Tabla 13 - Revisión bibliográfica 4	60
Tabla 14 - Revisión bibliográfica 5	61
Tabla 15 - Número de habitantes	63
Tabla 16 - Ganancias día de partido	64
Tabla 17 - Ganancias netas	65
Tabla 18 - Remuneración.....	66
Tabla 19 - Volumen de negocios.....	67
Tabla 20 - Puntos obtenidos	68
Tabla 21 - Asistencia al estadio.....	69
Tabla 22 - Número de seguidores en Facebook	70
Tabla 23 - Resultados DEA 1	73
Tabla 24 - Resultados DEA 2	74
Tabla 25 - Modelos 1	82
Tabla 26 - Modelos 2	83
Tabla 27 - Descripción del modelo	86

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Etapas del benchmarking.....	36
Ilustración 2 - Eficiencia y productividad	41
Ilustración 3 - Eficiencia técnica orientada a los inputs.....	42
Ilustración 4 - Eficiencia técnica orientada a los outputs	43
Ilustración 5 - Inputs vs outputs	44
Ilustración 6 - Eficiencia asignativa orientada al input	45
Ilustración 7 - Eficiencia asignativa orientada al outputs	45
Ilustración 8 - Frontera eficiente	51
Ilustración 9 - Orientación input y output	52
Ilustración 10 - Menú principal.....	76
Ilustración 11 - Menú archivo.....	77
Ilustración 12 - Ejemplo.....	78
Ilustración 13 - Menú Datos	78
Ilustración 14 - Menú Estadísticas	79
Ilustración 15 - Estadísticas descriptivas	79
Ilustración 16 - Resultados	80

ANÁLISIS DEA: EFICIENCIA DE LOS CLUBS DE LA BARCLAYS PREMIER LEAGUE

RESUMEN

Este proyecto analiza la eficiencia de los veinte equipos de la Barclays Premier League inglesa durante la temporada 2012/2013 en términos económicos a través del análisis DEA (análisis envolvente de datos, conocido como DEA por sus siglas en inglés Data Envelopment Analysis), una de las técnicas más empleadas en la actualidad para este tipo de análisis.

En primer lugar se realiza una introducción explicando de qué va a tratar el presente proyecto, aportando algunos datos económicos de un deporte tan popular como el fútbol, explicando las particularidades que conlleva un análisis económico cuando se trata de un tipo de empresas tan características y diferentes como son los equipos de fútbol, ya que necesitan conseguir buenos resultados deportivos además de tener unos datos económicos satisfactorios.

En segundo lugar se explican las técnicas utilizadas para alcanzar la eficiencia. En este apartado se explica por qué se utiliza el análisis DEA y algunos conceptos importantes como el de *benchmarking*.

Con todo ello se procede a realizar el análisis, explicando primero qué variables van a ser estudiadas (los veinte equipos de la primera división en la temporada a estudiar), y qué variables se van a utilizar tanto de entrada como de salida. En las de entrada se consideran los recursos de cada equipo, representados mediante la remuneración y los ingresos. En las de salida se consideran los resultados que cada equipo obtiene con dichos recursos, representados mediante el volumen de negocios (resultados económicos), los puntos obtenidos en la clasificación (resultados deportivos) y el número de seguidores en Facebook (resultados sociales o de seguimiento). El análisis DEA se realiza por medio del programa Matlab.

Por último se analizan los resultados obtenidos, explicando las conclusiones más importantes, y dejando una puerta abierta a posibles análisis futuros con nuevas ideas.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría dar las gracias a mi directora de proyecto, María Pilar Latorre Martínez, por toda la ayuda prestada a lo largo de la realización de este proyecto, dedicándome todo el tiempo necesario. También a mi ponente, Luis Navarro Elola, por facilitarme todo en la medida de sus posibilidades.

También dar las gracias a mi familia: mis padres, mi hermano y el resto, por darme la oportunidad de estudiar la carrera que yo misma elegí y darme su apoyo en los malos momentos y en las dificultades, que a lo largo de estos años los ha habido.

También a mi novio, Diego, por acompañarme a lo largo de todos estos años de Universidad y ya desde antes, sin su apoyo no estaría hoy en día presentando la memoria del proyecto fin de carrera.

Por supuesto a todos mis amigos tanto de los que son “de toda la vida” como los que he hecho durante los años de universidad. No nombro a todos porque ellos saben quiénes son.

Y por último a todos mis compañeros y profesores a lo largo de estos años, porque de todos he aprendido cosas.

Gracias a todos por ayudar en mi formación tanto personal como profesional.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el fútbol es el deporte más popular del mundo. Se calcula que unos 265 millones de personas lo practican regularmente (FIFA, 2006), lo que representa un 4% de la población mundial. El fútbol despierta pasiones, influye en el estado anímico de millones de personas y es uno de los mayores espectáculos en la actualidad (El Cronista, 2014).

Pero, quizá por encima de todo eso, el fútbol es un negocio que mueve una cantidad incalculable de dinero. El precio de las entradas, merchandising, patrocinadores, traspasos de jugadores, salarios, derechos televisivos...son sólo algunos de los aspectos que involucran millones de euros. Según un informe elaborado por Deloitte y Touche, el fútbol es la decimoséptima economía del mundo, con un volumen de negocios estimado en 500.000 millones de dólares anuales y 240 millones de jugadores.

La primera división inglesa, más conocida como Premier League, es considerada por muchos la mejor liga del mundo actualmente debido a la gran cantidad de grandes equipos que compiten en ella. Su valor de mercado actual es de 3.11 billones de libras, lo que la convierte en la liga de más valor del mundo, frente a los 2.25 billones de La Liga española, los 2.11 de la Serie A italiana o los 1.97 billones de la Bundesliga alemana (Transfermarkt, 2014).

Uno de los aspectos que más ha evolucionado es el grado de involucración tanto de los clubes como de los propios jugadores con las redes sociales. Es una buena forma de comunicarse con sus aficionados (principales clientes, ya que son quienes compran las camisetas o quienes van cada semana al estadio), haciendo sentir al socio que está cerca de sus ídolos y manteniendo ese lazo emocional entre jugadores y afición. En el caso de la Premier League el primero de esta lista es el Manchester United, que posee, por ejemplo, más de 33 millones de seguidores en Facebook (debt.co.uk).

En los últimos años la idea de que los equipos de fútbol son, al fin y al cabo, un tipo de empresas ha ido creciendo. Y a partir de ahí han surgido numerosos estudios que hablan de diversos aspectos económicos relacionados con el mundo del deporte en general y del fútbol en particular (BBVA, 2013).

A lo largo de este proyecto, y debido al fuerte crecimiento tanto de la liga inglesa de fútbol como de los análisis económicos de los clubes, se va a hacer un análisis exhaustivo de los

veinte clubes correspondientes a la Premier League durante la temporada 2012/2013 para determinar si fueron eficientes a través del método DEA (Análisis Envolvente de Datos).

El método DEA se ha utilizado para numerosos estudios de aspectos tan diferentes como hospitales, aeropuertos, bancos u otro tipo de empresas. La dificultad que entraña aplicarlo al deporte es el incuestionable factor emocional asociado a él. Los clubes deben ser eficientes, pero para ello influyen muchos factores además de los puramente económicos. Es por ello la dificultad e importancia que tiene la elección de los parámetros de entrada (inputs) y los parámetros de salida (outputs) de cara al análisis de la eficiencia.

A lo largo de este proyecto se explicará el estudio de las técnicas aplicables para alcanzar la eficiencia, aplicándolo a la eficiencia en el fútbol y explicando de manera concisa el concepto de *benchmarking*. Más adelante se explicará el método DEA, incluyendo el porqué de la elección de las variables tanto de entrada como de salida, exponiendo los resultados del análisis por medio del programa Matlab. Por último se finalizará con las conclusiones oportunas.

Todo el proyecto irá acompañado de varios anexos que explicarán en profundidad tanto los conceptos incluidos como los programas utilizados.

2. ESTUDIO DE TÉCNICAS APLICABLES PARA ALCANZAR LA EFICIENCIA

Los equipos de fútbol buscan, como cualquier otro tipo de empresas, ser eficientes. En este epígrafe se va a exponer el concepto de eficiencia aplicado al deporte, en concreto al fútbol, y las técnicas que se van a aplicar en la realización de este proyecto.

2.1 EFICIENCIA EN EL FÚTBOL

La eficiencia en los equipos de fútbol es tan importante como en cualquier otro sector de empresas. Si un equipo es eficiente tendrá muchas más posibilidades de conseguir mejores resultados deportivos, lo que le facilitará tener un mayor número de seguidores y, por tanto, crecer. Por eso es tan importante para ellos alcanzar la eficiencia.

La eficiencia es un complejo concepto y por ello se ha dedicado un anexo a explicarlo convenientemente (Anexo C). En dicho anexo no sólo se explica el concepto de eficiencia como tal, también se explican los tres tipos diferentes de eficiencia que existen, que son la eficiencia técnica, la asignativa y la económica (Freid, Lovell y Schmidt, 1993). Todo ello acompañado de gráficos para una mejor comprensión de cada una de ellas.

Pero no hay una sola manera de medir la eficiencia. En este proyecto el método con el que se va a medir la eficiencia no es otro que el Análisis Envolvente de Datos, más conocido como DEA (por sus siglas en inglés, Data Envelopment Analysis). Al ser un método con cierta complejidad se le ha dedicado otro anexo (Anexo D). En él se explica la creación de dicho método, el concepto, algunas ventajas e inconvenientes y los dos modelos más conocidos, el CCR y el BBC (Ray, 2004).

La eficiencia es un concepto íntimamente ligado a la producción. Los productos iniciales o factores productivos, conocidos como inputs en el método DEA, se transforman en productos finales u outputs. Si se produce lo máximo posible con los recursos mínimos posibles, estaremos hablando de eficiencia (Sengupta y Fanchon, 2009).

El fútbol es un deporte con muchísimos años de historia, como se explica en el Anexo A. Pero ha sido en los últimos años cuando se ha empezado a pensar en los equipos de fútbol como empresas, y se ha empezado a estudiar la economía de los clubes.

2.2 BENCHMARKING

Otro de los conceptos íntimamente relacionado con el método DEA es el de *Benchmarking*, una técnica muy utilizada en la actualidad por todo tipo de organizaciones. Las empresas del mismo sector que consiguen los mejores resultados económicos son consideradas unidades de referencia o *Benchmarks* (Bogetoft y Otto, 2011).

En el anexo B se explica el concepto de Benchmarking en profundidad, sus orígenes, los diferentes tipos que existen (competitivo, cooperativo e interno) y las etapas en las que se divide, que son seis: planificación, recogida de datos, análisis de los mismos, plan de acción y discusión de acciones de mejora. Posteriormente se explican las aplicaciones que tiene, algunos ejemplos de su utilización y, finalmente, algunas conclusiones.

A lo largo de este proyecto se analizará qué equipos de la Barclays Premier League son unidades de referencia y se analizará en qué aspectos de ellos deberán fijarse el resto de los equipos para mejorar su eficiencia.

3. ANÁLISIS DEA

3.1. INTRODUCCIÓN

En este epígrafe se va a analizar la eficiencia de los veinte equipos de la Premier League a través del método DEA. Primero se explicarán las variables de decisión que van a ser la base del estudio. Posteriormente se procederá a realizar dicho análisis, incluyendo un análisis de sensibilidad para mostrar que los resultados son robustos.

3.2. SELECCIÓN DE UNIDADES DE DECISIÓN

Para este análisis se han tenido en cuenta los datos de los veinte equipos de la Barclays Premier League durante la temporada 2012/2013. Estos veinte equipos forman lo que se conoce como DMUs del estudio (por las siglas en inglés, Decision Making Units) o unidades productivas.

Para medir la eficiencia de estos veinte equipos o DMUs se deben comparar los resultados obtenidos por cada uno de ellos, por lo que es importante que las unidades estudiadas sean homogéneas entre sí. Con ello se conseguirá una medida de eficiencia válida. Golany y Roll (1989) consideran en su trabajo que hacen falta una serie de características comunes entre las unidades productivas para que una muestra tenga suficiente nivel de similitud. Estas características son: los mismos objetivos, las mismas condiciones de mercado y servicios similares. En este caso, dado que los veinte equipos pertenecen al mismo país, a la misma liga, y son el mismo tipo de empresa, se puede asumir que todos son homogéneos y comparables entre sí.

3.3. ELECCIÓN DE LAS VARIABLES

El primer paso para realizar el análisis envolvente de datos (DEA) es la elección de las variables que van a ser tomadas como valores de entrada o inputs y como valores de salida u outputs. Los primeros se definen como los recursos disponibles que caracterizan una unidad de decisión, mientras que los segundos son los resultados obtenidos a través de dichos recursos (Cooper, 2011).

En este caso el análisis es sólo de la temporada 2012/2013, por lo que tanto los valores de entrada como los de salida están basados en dicho periodo.

Según apuntan Drake y Howcroft (1994), el número de unidades DMU (en este caso equipos de fútbol) debe ser, al menos, el doble de la suma de inputs y outputs. Matemáticamente:

$$\text{Número de DMUs} \geq 2 \times (\text{número de inputs} + \text{número de outputs})$$

En este caso los equipos a analizar son veinte, por lo que el doble de la suma de inputs y outputs no deberá ser superior a esos veinte equipos. En este caso no hay problema, ya que el análisis se va a realizar con 2 inputs y 3 outputs, por lo que se cumple la ecuación explicada. Con ello se conseguirá que los resultados obtenidos sean robustos.

3.3.1. VARIABLES DE ENTRADA O INPUTS

En el anexo F se muestra la base de datos de los posibles inputs para la realización del análisis.

En este caso las variables de entrada, conocidas como inputs, seleccionadas son:

- **Remuneración.** Entendida como los sueldos totales de cada equipo de la Premier League. Datos obtenidos de la base de datos Fame.
- **Ganancias obtenidas en el día de partido.** El dinero que los clubes de fútbol ingresan por entradas y *merchandising* cada día de partido. Datos obtenidos de The Guardian.

EQUIPO	REMUNERACIÓN (EUROS)	MERCHANDISING+ENTRADAS (EUROS)
ARSENAL	151.441.000	179.000.000
ASTON VILLA	10.298.000	59.000.000
CHELSEA	176.568.000	176.000.000
MANCHESTER CITY	233.106.000	128.000.000
MANCHESTER UNITED	145.799.000	211.000.000
EVERTON	63.049.000	73.000.000
FULHAM	66.500.000	61.000.000
LIVERPOOL	132.240.000	109.000.000
NEWCASTLE	61.706.000	79.000.000
NORWICH	50.814.000	62.000.000
QUEENS PARK RANGERS	73.265.000	51.000.000
READING	46.171.000	53.000.000
SOUTHAMPTON	43.500.000	64.000.000
STOKE CITY	60.310.000	53.000.000
SUNDERLAND	56.776.000	58.000.000
SWANSEA	48.706.000	61.000.000
TOTTENHAM	96.087.000	90.000.000
WEST BROMWICH	53.977.000	60.000.000
WEST HAM	56.220.000	70.000.000
WIGAN	43.665.000	49.000.000

Tabla 1 - Inputs

3.3.2. VARIABLES DE SALIDA U OUTPUTS

En el anexo F también se encuentra la información referente a los outputs. En este caso las variables de salida seleccionadas, más conocidas como outputs, son:

- **Volumen de negocios.** Los equipos de fútbol son empresas que mueven millones de euros por todo el mundo, por lo que es uno de los datos más importantes a tener en cuenta. Datos de Fame.
- **Puntos obtenidos.** Por mucho que los equipos de fútbol sean empresas, la clasificación deportiva que obtienen es muy importante. Se muestran los puntos obtenidos por cada equipo en la temporada estudiada.
- **Número de seguidores en Facebook.** Cuanto mayor seguimiento tiene un equipo, más afiliados tendrá en las redes sociales, por lo que es una buena medida de la importancia de cada equipo. Fuente: debt.co.uk.

EQUIPO	VOLUMEN DE NEGOCIOS (EUROS)	PUNTOS OBTENIDOS 2012/2013	NÚMERO DE SEGUIDORES EN FACEBOOK
ARSENAL	220.246.000	73	13.941.459
ASTON VILLA	81.684.000	41	1.187.252
CHELSEA	255.772.000	75	16.990.308
MANCHESTER CITY	271.000.000	78	5.399.497
MANCHESTER UNITED	194.442.000	89	33.432.536
EVERTON	86.397.000	63	326.180
FULHAM	73.015.000	43	224.786
LIVERPOOL	206.115.000	61	12.046.461
NEWCASTLE	95.879.000	41	383.505
NORWICH	74.733.000	44	65.040
QUEENS PARK RANGERS	105.032.000	25	191.197
READING	59.266.000	28	57.124
SOUTHAMPTON	69.413.000	41	50.202
STOKE CITY	66.516.000	42	69.925
SUNDERLAND	72.026.000	39	75.916
SWANSEA	67.113.000	46	115.758
TOTTENHAM	147.392.000	72	1.869.899
WEST BROMWICH	69.734.000	49	61.896
WEST HAM	89.815.000	46	313.547
WIGAN	56.413.000	36	39.818

Tabla 2 - Outputs

3.4. EVALUACIÓN DE LAS DMU'S

Como se ha explicado, las unidades productivas a estudiar deben tener una serie de características comunes, que en este caso se cumplen por tratarse de equipos de fútbol del mismo país y de la misma división.

Primero se va a realizar un pequeño análisis estadístico de las diferentes variables. Dicho análisis ha sido llevado a cabo con el programa informático Minitab 15. El funcionamiento de este programa está explicado en el anexo H.

En la siguiente tabla se muestran algunos de los valores estudiados. En ella se incluyen la media, la desviación típica (obtenida a través de la varianza), el valor mínimo y el valor máximo tanto de los inputs como de los outputs.

INPUT	MEDIA	DESVIACIÓN TÍPICA	VARIANZA	MÍNIMO	MÁXIMO
Remuneración	83.509.900	55.463.270,69	3,07617E+15	10.298.000	233.106.000
Ganancias día de partido	87.300.000	48.337.737,25	2,33654E+15	49.000.000	211.000.000

OUTPUT	MEDIA	DESVIACIÓN TÍPICA	VARIANZA	MÍNIMO	MÁXIMO
Volumen de negocios	118.100.150	70.437.549,56	4,96145E+15	56.413.000	271.000.000
Puntos obtenidos 2012/2013	51,6	17,81897274	317,5157895	25	89
Número de seguidores Facebook	4.342.115	8.594.203,16	7,38603E+13	39.818	33.432.536

Tabla 3 - Estadísticos

Primero es importante aclarar brevemente qué significan cada uno de estos términos estadísticos.

- La media aritmética explica el valor característico de un conjunto de datos cuantitativos. Se calcula sumando todos los valores y dividiendo la suma total por el número de sumandos.
- La varianza es una medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media.
- La desviación típica es una medida de dispersión. Se calcula como la raíz cuadrada de la varianza de la variable que se está estudiando.
- El mínimo indica el valor más pequeño de todos los que están siendo analizados, mientras que el máximo hace lo mismo con el valor más grande (Moore, 2005).

Si se observa la tabla se puede apreciar que la diferencia en el volumen de actividad de cada equipo es notable, lo cual se refleja en los altos valores de la desviación típica. Por ejemplo, la remuneración de equipos poderosos como el Manchester United (aproximadamente 145 millones de euros) prácticamente triplica a la de otros más modestos como por ejemplo el Wigan (alrededor de 43 millones de euros). La diferencia en las ganancias obtenidas en día de partido es todavía mayor (211 frente a 49).

Algo parecido sucede si los outputs son observados. Equipos como el Manchester United, Manchester City o Chelsea poseen un volumen de negocios muchísimo mayor que otros equipos como el Wigan, el Reading o el Southampton.

Si se observan los valores máximos y mínimos se pueden obtener las mismas conclusiones. Grandes diferencias en todas las variables de decisiones entre unos equipos y otros.

3.5 APLICACIÓN DEL MÉTODO DEA

Una vez realizado el análisis estadístico de las variables que vamos a utilizar, se procede a realizar el Análisis Envolvente de Datos (DEA). Los dos modelos más utilizados para este tipo de análisis de programación lineal son el modelo CCR y el modelo BCC, tal y como se explica en el anexo D (Ray, 2004).

En este caso, dada la tipología de las empresas a estudiar, que son equipos de fútbol, se ha optado por realizar un análisis con el modelo CCR orientado a los outputs. Es el modelo más utilizado en estudios similares con características parecidas. La finalidad de los equipos es la de obtener los máximos resultados posibles con los recursos que poseen.

En este caso se analizan, con dos recursos como la remuneración y los ingresos de dos de las vías principales como son el dinero obtenido de abonos anuales y de entradas y el obtenido por *merchandising*, los resultados que son capaces de obtener. También se analizan los resultados económicos que consiguen (por medio del volumen de negocios), los resultados deportivos (por medio de los puntos obtenidos) y el seguimiento que obtienen (por medio del número de seguidores en Facebook).

Si se introducen en Matlab los inputs y los outputs citados anteriormente, se obtienen los resultados de eficiencia que se muestran en la siguiente tabla (el funcionamiento del programa

está explicado en profundidad en el anexo I, mientras que los códigos necesarios están en el anexo J).

EQUIPO	EFICIENCIA
ARSENAL	0,949339141
ASTON VILLA	1
CHELSEA	1
MANCHESTER CITY	1
MANCHESTER UNITED	0,588389497
EVERTON	1
FULHAM	0,847910117
LIVERPOOL	1
NEWCASTLE	0,747058871
NORWICH	0,873886148
QUEENS PARK RANGERS	1
READING	0,698307415
SOUTHAMPTON	0,806368096
STOKE CITY	0,940966176
SUNDERLAND	0,826396385
SWANSEA	0,896076617
TOTTENHAM	1
WEST BROMWICH	0,952005941
WEST HAM	0,844305283
WIGAN	0,875566588

Tabla 4 - Eficiencia

En el anexo G se puede observar la tabla completa de resultados, en la que no sólo se muestra la eficiencia, sino todos los valores que el programa ofrece.

Basándose en los resultados obtenidos, se aprecia que sólo siete equipos de la Barclays Premier League son eficientes: el Aston Villa, el Chelsea, el Manchester City, el Everton, el Liverpool, el Queens Park Rangers y el Tottenham.

En la siguiente tabla se muestran los equipos de la Premier League distribuidos por ciudades, indicando el porcentaje de equipos eficientes en cada una de ellas:

CIUDADES	EQUIPOS	NÚMERO DE EQUIPOS EFICIENTES	NÚMERO DE EQUIPOS INEFICIENTES	% DE EQUIPOS EFICIENTES
LONDRES	Arsenal, Chelsea, Queens Park Rangers, Tottenham, Fulham, West Ham	3	3	50%
LIVERPOOL	Liverpool, Everton	2	0	100%
MANCHESTER	Manchester United, Manchester City	1	1	50%
BIRMINGHAM	Aston Villa	1	0	100%
OTROS	Newcastle, Norwich, Reading, Southampton, Stoke City, Sunderland, Swansea, West Bromwich, Wigan	0	9	0%

Tabla 5 – Eficiencia por ciudades

Como se aprecia en la tabla, todos los equipos que, tal y como ha mostrado el análisis DEA, son eficientes, se centran en las cuatro ciudades más importantes del país. Tres equipos de Londres, dos de Liverpool, uno de Manchester y otro de Birmingham.

Si se observa el anexo A, en el que se explican en mayor profundidad los orígenes del fútbol inglés, los resultados obtenidos son lógicos. Los equipos de más tradición futbolística, aquellos donde el fútbol comenzó, mantienen todavía una gran tradición. Esas ciudades no son otras que las de Liverpool, Manchester y Birmingham.

Londres, a pesar de no ser una de las primeras ciudades en las que el fútbol fue instaurado, es la capital de Inglaterra, la más poblada con diferencia y la más poderosa económicamente. Ello hace que el número de equipos de dicha ciudad sean muchos y, en algunos casos, muy poderosos económicamente, por lo que es lógico que también posea equipos eficientes.

En el resto de Inglaterra no se encuentra ningún equipo eficiente. Las ciudades no son tan grandes, no tienen tanta tradición y los recursos económicos que poseen son menores, por lo que sus posibilidades tanto económicas como deportivas son más reducidas.

Como hay siete equipos que aparecen como referencia, se va a discriminar entre este grupo de referencia para determinar cuáles de ellos son los más eficientes. Esto se determina observando la frecuencia de repetición de estos siete equipos como *benchmark* de los trece restantes. Estos resultados también son mostrados por el programa Matlab cuando se realiza el análisis. Los resultados se muestran a continuación:

EQUIPO	BENCHMARKS	NÚMERO DE APARICIONES COMO REFERENCIA
ARSENAL	Aston Villa (0,57548160013685) Chelsea (0,824128327226852)	-
ASTON VILLA	Eficiente	10
CHELSEA	Eficiente	1
MANCHESTER CITY	Eficiente	3
MANCHESTER UNITED	Aston Villa (1,81724557820477) Manchester City (0,152860296834393) Liverpool (0,0970587127178826) Tottenham (0,818188813387415)	-
EVERTON	Eficiente	9
FULHAM	Everton (0,415852700775023) Tottenham (0,340475031593593)	-
LIVERPOOL	Eficiente	1
NEWCASTLE	Aston Villa (0,719134284261763) Manchester City (0,158175456464959) Tottenham (0,181384653344903)	-
NORWICH	Aston Villa (0,178018350619535) Everton (0,402939578398167) Tottenham (0,245359201004236)	-
QUEENS PARK RANGERS	Eficiente	0
READING	Aston Villa (0,252812644320659) Manchester City (0,030147869814151) Tottenham (0,380279184987442)	-
SOUTHAMPTON	Aston Villa (0,3570227130606) Everton (0,40408834908212) Tottenham(0,149302338293665)	-
STOKE CITY	Everton (0,485863730327891) Tottenham (0,194799418734044)	-
SUNDERLAND	Aston Villa (0,0354679872579487) Everton (0,220163203411789) Tottenham (0,442616387808005)	-
SWANSEA	Aston Villa (0,11291036747439) Everton (0,70324790158031) Tottenham (0,0333465722627593)	-
TOTTENHAM	Eficiente	12
WEST BROMWICH	Everton (0,754405878582906) Tottenham (0,0547596762605316)	-
WEST HAM	Aston Villa (0,321956981057773) Everton (0,104086092812273) Tottenham (0,482291703803283)	-
WIGAN	Aston Villa (0,03363160402435) Everton (0,461901984508626) Tottenham (0,147743227704818)	-

Tabla 6 - Benchmarks

Si se observa esta tabla se puede apreciar que hay un equipo, el Queens Park Rangers, que, aunque es eficiente, no es considerado como referencia por ninguno de los otros equipos. En el caso del Liverpool, el Chelsea o el Manchester City, sólo son referencia para un equipo en los dos primeros casos y tres en el tercero, por lo que no son tan eficientes como los otros tres, que se encontrarían como los equipos de referencia o *Benchmarking*.

Si se observan en profundidad los datos de estos tres equipos considerados como los más eficientes, puede resultar sorprendente que sean equipos menos conocidos. En el caso del Aston Villa, el cual es referencia para diez equipos ineficientes, esto se justifica porque, a pesar de tener pocos recursos (posee una remuneración de solamente 10 millones de euros y unos ingresos de tan sólo 59 millones de euros, muy bajos en comparación a otros equipos), consigue unos resultados satisfactorios: en lo económico, posee un más que aceptable volumen de negocios, con 81 millones de euros (hay hasta nueve equipos con menor volumen); en cuanto al seguimiento, posee un buen número de seguidores en las redes sociales (es el séptimo que más); y en cuanto a los resultados deportivos, lo cual es importante debido al tipo de empresas que se están analizando, el Aston Villa consiguió salvar la categoría, con lo que cumplió sus objetivos.

El segundo equipo que aparece en un gran número de ocasiones como *benchmark* (en este caso nueve) es el Everton, equipo en el que la justificación es más sencilla. Hay ocho equipos con mayores recursos económicos y, sin embargo, a pesar de no conseguir uno de los mayores volúmenes de negocios ni ser uno de los equipos más seguidos en redes sociales, consiguió unos resultados deportivos excelentes, finalizando en la sexta posición y logrando una de las plazas para jugar en Europa la siguiente temporada. Ello le reportará muchos más ingresos y más seguimiento para el próximo año.

Finalmente, el equipo que se podría considerar el más eficiente, ya que se muestra hasta en doce ocasiones como *benchmark* para los equipos menos eficientes, es el Tottenham. Este equipo posee unos buenos recursos (96 millones de euros de remuneración y 90 millones de euros de ingresos, siendo el sexto de la lista en ambos apartados), pero los resultados alcanzados son todavía mejores, siendo el quinto mejor tanto en el aspecto económico como en el deportivo y social.

En la tabla de *benchmarks* se observa también, individualmente, en qué equipos deben fijarse los menos eficientes para mejorar. Uno de los casos más llamativos es el del Manchester

United, el equipo más prestigioso de la Premier League, que tiene hasta cuatro equipos como referencia. Esto es debido a que, a pesar de ser poseedor de los mejores recursos económicos, su volumen de negocios no está entre los cuatro primeros, lo cual penaliza de manera severa su eficiencia.

3.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El método DEA es una técnica de naturaleza determinista, por lo que a veces no es muy claro el criterio estadístico a seguir para valorar si los resultados obtenidos son correctos. Por eso es importante realizar un análisis de robustez de los resultados, estudiando la sensibilidad de los mismos ante pequeños cambios.

Esto se consigue realizando un análisis de sensibilidad mediante el llamado coeficiente de correlación de Spearman (anexo K).

En la siguiente tabla se especifican los modelos tenidos en cuenta para realizar el análisis de sensibilidad.

DEA 1	Situación inicial
DEA 2	Quitando input 1 (remuneración)
DEA 3	Quitando input 2 (ingresos)
DEA 4	Quitando output 1 (volumen de negocios)
DEA 5	Quitando output 2 (puntos)
DEA 6	Quitando output 3 (seguidos en Facebook)

Tabla 7 – Modelos DEA

Como se puede observar, en cada modelo se ha quitado un input o un output. Los valores de eficiencia se han comparado y se ha calculado el coeficiente de correlación de Spearman. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

	DEA 1
DEA 2	0,855639098
DEA 3	0,530827068
DEA 4	0,812030075
DEA 5	0,72481203
DEA 6	0,819548872

Tabla 8 – Correlación de Spearman

Según un estudio (Moral, ND), según el coeficiente de Spearman se pueden realizar las siguientes interpretaciones:

Coeficiente	Interpretación
0-0.2	Relación muy baja
0.2-0.4	Relación baja
0.4-0.6	Relación moderada
0.6-0.8	Relación alta
0.8-1	Relación muy alta

Tabla 9 - Interpretación según el coeficiente

El análisis de sensibilidad resulta satisfactorio, ya que los coeficientes de correlación son, en la mayoría de los casos, cercanos a la unidad. Según la tabla mostrada, la relación entre la situación inicial y la segunda, cuarta y sexta situación es muy alta, la relación con la quinta es alta y sólo con la tercera situación estudiada los resultados no son tan satisfactorios, pero la relación sigue sin ser baja. Por ello se puede considerar que los resultados analizados son correctos (Peña, 2008), y se puede afirmar que los cambios en las variables que caracterizan la función de producción no alteran en gran medida los resultados.

4. CONCLUSIONES

A lo largo de este proyecto se ha analizado la eficiencia de los veinte equipos que militaron en la Barclays Premier League a lo largo de la temporada 2012/2013. El análisis realizado se ha basado en los datos obtenidos, fundamentalmente, de la base de datos Fame. Para hacer un análisis lo más justo posible, lo ideal sería realizar un análisis a lo largo de varios años, pero en este caso se ha optado por un análisis de una sola temporada.

Si se observan los datos iniciales, se pueden observar las diferencias económicas y, por tanto, de los recursos, de los diferentes equipos. Mientras los equipos más poderosos como el Manchester City, Manchester United o Chelsea, entre otros, se mueven en unas cifras económicas realmente elevadas, hay otros mucho más modestos como el Reading, el Wigan o el Aston Villa con cifras mucho más discretas. Pero eso no quiere decir que los mejores equipos sean los más eficientes, tal y como se muestra a lo largo de este proyecto.

Antes de la realización del mismo se observaron los diferentes artículos existentes en los que se habían estudiado aspectos deportivos y económicos por medio del análisis DEA. Se analizaron en profundidad los inputs y outputs empleados para tratar de seleccionar los más adecuados. Los seleccionados fueron, como inputs, la remuneración de cada equipo y los ingresos. En cuanto a los outputs, el volumen de negocios, los puntos obtenidos y el número de seguidores en Facebook. Con ello se pretende valorar, mediante los inputs, los recursos que cada equipo posee y, mediante los outputs, cómo rentabiliza cada uno de ellos dichos recursos. Los outputs cubren tanto la parte económica (volumen de negocios), como la deportiva (puntos obtenidos en dicha temporada), como la social (número de seguidores en Facebook), tres aspectos clave si tenemos en cuenta que el análisis es acerca de equipos de fútbol.

Si se observan los datos introducidos para el análisis, puede verse que la media en cuanto a remuneración y ganancias en día de partido es de 83 y 87 millones de euros aproximadamente. En cuanto a la remuneración el equipo con un mayor valor en este aspecto es el Manchester City, con 233 millones aproximadamente, mientras que el que tiene una remuneración menor es el Aston Villa, con tan sólo 10 millones. En el caso de los ingresos, la lista está liderada por el Manchester United, con 211 millones de euros. El Wigan cierra este apartado con tan sólo 49 millones de euros. En cuanto a los outputs, el Manchester City es el que posee un mayor volumen de negocios, con 271 millones, mientras que tanto el aspecto

Análisis DEA: eficiencia de los clubs de la Barclays Premier League

deportivo (clasificación), como el social (Facebook), están liderados por el otro equipo de la ciudad de Manchester, el United. El Wigan es el último tanto en el aspecto económico como en el social, pero sus resultados deportivos no son los peores, aunque tampoco consiguió salvar la categoría, ya que finalizó en antepenúltima posición.

El modelo utilizado ha sido el CCR orientado a los outputs, ya que, si se observa la revisión bibliográfica (anexo E), es el más utilizado en estudios de este tipo. No obstante, en el anexo D se explican otros modelos comúnmente utilizados, así como el código necesario en el programa utilizado (Matlab) para utilizar otros modelos como el BCC o los mismos modelos orientados a los inputs.

Si se observan los datos de eficiencia obtenidos, la media de los veinte equipos es un 88%, lo cual demuestra el buen momento que atraviesa el fútbol inglés, considerado uno de los mejores en la actualidad. El equipo que tiene un menor porcentaje de eficiencia es el Manchester United, con un 58%, pero sólo hay tres equipos con una eficiencia menor al 80% (el citado Manchester United, el Reading y el Newcastle).

Al realizar el análisis de eficiencia se observó que existía una relación directa entre los equipos que eran eficientes e ineficientes y sus respectivas ciudades. Todos los equipos considerados como eficientes según el análisis DEA realizado pertenecen a cuatro ciudades, las cuales forman parte de las más importantes del país y con mayor tradición futbolística. Estas ciudades no son otras que Manchester, Liverpool, Londres y Birmingham. Mientras que Londres o Manchester sólo poseen el 50% de sus equipos eficientes, tanto Liverpool como Birmingham consiguen el 100%. Los nueve equipos restantes, pertenecientes a otras ciudades del país, son ineficientes según se ha analizado.

Además del análisis de eficiencia, se ha estudiado el número de apariciones de cada equipo eficiente como equipo de referencia o *benchmark*. Con ello se consigue ordenar los equipos eficientes entre sí. Cuantas más repeticiones tenga un equipo eficiente como equipo de referencia, más eficiente será. Si se analizan los resultados obtenidos, el Aston Villa cuenta con diez repeticiones, el Tottenham con doce y el Everton con nueve. Son los tres equipos más eficientes de la Barclays Premier League según las variables estudiadas. No son los equipos que más recursos iniciales poseen, pero son capaces de lograr resultados por encima de sus posibilidades iniciales. El Manchester United, un equipo con posibilidades mucho mayores a priori, no es capaz de generar unos resultados a la altura de sus recursos, lo cual lo cataloga

como uno de los equipos más ineficientes de la liga a pesar de sus buenos resultados deportivos en la temporada estudiada y el gran seguimiento que tiene a lo largo del mundo.

Por último, el análisis de sensibilidad realizado es importante por lo sensible que es el modelo DEA a variaciones según las variables utilizadas. El coeficiente de correlación de Spearman muestra la relación entre los diferentes modelos DEA estudiados, considerando el primero la situación inicial y los restantes eliminando un input y un output cada vez.

Como futuras líneas de investigación, sería interesante añadir a los ingresos de los equipos lo que las televisiones les abonan, ya que es una de las principales fuentes de ingresos de los equipos de fútbol hoy en día. Otro punto a estudiar sería el llamado *share* de cada equipo, el cual probablemente estaría directamente relacionado con los ingresos comentados anteriormente.

Por último, y a pesar de que los resultados obtenidos en este análisis se ha comprobado que son correctos, no se puede ser categórico en las conclusiones obtenidas, ya que los resultados obtenidos en cualquier análisis DEA dependen en gran medida de las variables utilizadas.



ANEXOS



ANEXO A – EL FÚTBOL

A. EL FÚTBOL

Hoy en día el fútbol es el deporte más popular del mundo. Millones de personas sufren y disfrutan cada semana con su equipo. Millones de niños, adolescentes y adultos lo practican con frecuencia. En cualquier rincón del mundo es sencillo encontrar un “partidillo” de fútbol entre amigos, así como aficionados de los equipos más importantes.

HISTORIA Y ORÍGENES

La historia moderna de este deporte tiene más de 100 años de existencia. En 1863, en Inglaterra, se fundó la “Football Association”, el primer órgano gubernativo del deporte. Muchos siglos antes, en la China de la dinastía de Han (siglos II y III a.C.), existía un manual de ejercicios militares que ya tenía mucho en común con el fútbol actual. Dominar el balón con el pie se consideraba una actividad muy complicada, y quien lo conseguía era objeto de admiración.

Las primeras reglas del fútbol se fijaron en 1863, aunque desde entonces han sufrido muchas modificaciones. Por ejemplo, la actual duración de un partido (una hora y media) se estableció en 1866, en un partido entre Londres y Sheffield. En 1871 la Asociación Inglesa de Fútbol ya contaba con 50 clubes, y en 1872 se disputó el primer campeonato: la Copa Inglesa. La primera liga no tendría lugar hasta 1888. Mientras en otros países seguía sin existir el fútbol organizado, en Gran Bretaña se disputó el primer partido internacional. Fue en 1872 entre Inglaterra y Escocia.

Poco a poco el fútbol fue expandiéndose a otros países rápidamente, creándose asociaciones en diversos países: Holanda y Dinamarca (1889), Nueva Zelanda (1891), Argentina (1893), Chile, Suiza y Bélgica (1895), Italia (1898), Alemania y Uruguay (1900), Hungría (1901), Noruega (1902), Suecia (1904), España (1905), Paraguay (1906) y Finlandia (1907).

En 1904 nació la FIFA con siete miembros fundadores: Francia, Bélgica, Dinamarca, Holanda, España, Suecia y Suiza. Y en 1930 se disputó la primera Copa Mundial con 41 selecciones. El fútbol sufrió un receso debido al parón por la II Guerra Mundial, pero en 1950 la FIFA contaba ya con 73 asociaciones.

La segunda mitad del siglo XX es la época de verdadero crecimiento de este deporte. En África se fundó la Confederación Africana de Fútbol (1957); en América del Norte y Central la Concacaf (1961); y en Oceanía la Confederación de Fútbol de Oceanía (1966).

(FIFA, 2014)

Actualmente, según una encuesta realizada por la FIFA en 2006, aproximadamente 270 millones de personas están activamente involucradas con el mundo del fútbol, lo que representa el 4% de la población mundial. Por ejemplo, sólo en China hay 26,1 millones de futbolistas.

EL FÚTBOL INGLÉS

Como se puede observar, la cuna del fútbol no es otra que Inglaterra. Los ingleses son los creadores del fútbol. El primer club profesional del mundo fue el Sheffield F.C., creado en 1857. Tras él se fueron creando otros equipos, disputándose la primera liga en 1888 con doce equipos. Todos ellos pertenecían a los condados de Lancashire y de Midlands, no habiendo ningún equipo de Londres ni de la zona sur de Inglaterra (Mateo, 2010).

En 1892 se añadió la segunda división, conocida como “Division Two”. En ella se incluía el primer equipo de la ciudad de Londres, el Woolwich Arsenal. Otro ilustre como el Liverpool se unió a la liga ese mismo año. En 1898, ambas categorías contaban con 18 equipos.

Entre 1920 y 1923 la liga inglesa se expandió todavía más, formándose la tercera división (“Third Division”), que contaba con 22 equipos. En 1923 se estrenó el campo más importante del país actualmente, Wembley.

Debido a la Segunda Guerra Mundial muchos equipos ingleses paralizaron su actividad, por lo que la liga quedó suspendida. En la temporada 1946/1947 la liga volvió a la normalidad, y el fútbol europeo fue dominado durante muchos años por equipos ingleses, especialmente de la ciudad de Manchester (Manchester City y Manchester United).

Pero la verdadera época dorada del fútbol inglés se dio entre 1963 y 1971. Ya existían cuatro divisiones y algunos de los mejores equipos vivían su mejor momento. Esto se refrendó con el campeonato del Mundo conseguido por Inglaterra en 1966, ganando en la final a Alemania por 4 a 2 (Mateo, 2010).

Tras esta época de esplendor los equipos ingleses dejaron de ser la referencia europea en los 80. Con la idea de recuperar tiempos mejores se creó, en 1992, la actual Premier League.

LA PREMIER LEAGUE

La FA Premier League fue creada en 1992, contando con los 22 mejores equipos del momento. Lo que se buscaba era incrementar los ingresos de los equipos de fútbol para volver a ser competitivos a nivel europeo. Esto se consiguió con la venta de los derechos televisivos por parte de los equipos (Horrie, 2002).

El primer campeón de esta “nueva” liga fue el Manchester United, sin duda el equipo más destacado de la Premier League con 13 títulos en su haber.

La Premier League, también conocida como “The Premiership”, decidió reducir el número de equipos en 1995, pasando de 22 equipos a los 20 actuales.

La Federación Internacional de Historia y Estadística de Fútbol de la FIFA considera esta liga la más fuerte de la última década, superando a la Primera División española y a la Serie A italiana.

PATROCINIO Y FINANZAS

En términos económicos la Barclays Premier League (adoptó este nombre en 2007 debido al patrocinio de dicho banco) tiene los ingresos más altos del mundo. Deloitte, una de las empresas más importantes del mundo, realiza cada año un análisis económico de fútbol. En su edición de 2013 (Annual Review of Football Finance 2013) indica que la Premier League es la liga con más ingresos del mundo, con 900 millones de euros. Además, el incremento de la asistencia a los estadios ha ayudado a incrementar este año todavía más esta cifra, estableciendo un récord de 36.695 espectadores de media.

Según apunta el periodista Agustín Rodríguez, los 20 equipos de la Premier League sumaron el año pasado 2.900 millones de euros en ganancias, lo que supone un 45% más que la Bundesliga y un 53% más que la Liga BBVA (Primera División Española). Además, 6 de los 10 equipos con más ingresos de toda Europa forman parte de la Premier League.

La Premier League inglesa firmó un acuerdo con la televisión para 4 años (2013/2016) a razón de 2.100 millones de euros por cada una de las campañas. Por poner un ejemplo, la liga BBVA recibe unos 600 millones. Esto repercute en un mejor reparto de los derechos televisivos. Por

poner un ejemplo, los 3 equipos recién ascendidos este año en la Premier League (Burnley, Leicester y Queens Park Rangers) han invertido 30 millones de euros en fichajes, mientras que los 3 equipos que han ascendido a la liga BBVA (Deportivo de la Coruña, Eibar y Córdoba) no suman más que 200.000 euros.

Otro dato a tener en cuenta es la asistencia media de espectadores. La asistencia en Inglaterra es de un 92%, superando ampliamente a los datos de la liga española. Además poseen más acuerdos de patrocinio con países que reportan más ingresos como Sudáfrica, Emiratos Árabes Unidos, Tailandia o China (15 de los 20 equipos de la Premier League tienen un patrocinador principal de dichos países).

Todo esto ha hecho que hoy en día la Premier League sea considerada como la mejor liga del mundo, tanto a nivel económico como deportivo.

(Rodríguez, 2014)



ANEXO B - EL BENCHMARKING

B. EL BENCHMARKING

DEFINICIÓN

Bob Camp fue el inventor del Benchmarking en 1989, pero el término *Benchmarking* se empleó por primera vez en 1992, cuando Spendolini lo definió de la siguiente manera: “El benchmarking es un proceso sistemático y continuo de evaluación de los productos, servicios y procedimientos de trabajo de las empresas que se reconocen como representantes de las mejores prácticas y el propósito es el mejoramiento organizacional”.

Si se observa esta definición, aparecen cinco palabras clave:

- **Evaluación.** El primer objetivo del benchmarking es evaluar un proceso. Sólo se lograrán mejoras en la organización si se realizan los ajustes necesarios en los procesos actuales.
- **Continuo.** Esta técnica requiere mediciones continuas, pues los competidores no van a esperar a ser alcanzados.
- **Mejores prácticas.** La característica básica del benchmarking es la concentración en las actividades con más éxito. Por eso es mucho más que un análisis de la competencia, pues trata de aprender no simplemente los hechos, sino cómo se producen. El objetivo es fijarse en los competidores que están en las mejores posiciones.
- **Sistemático.** El benchmarking no es un método arbitrario, sino que requiere una estructura organizada paso a paso. Esto permite a las empresas comparar sus productos, servicios y procesos con los mejores.
- **Mejoramiento.** Los resultados obtenidos en estos estudios se convertirán en la base para objetivos a corto o largo plazo según la realidad del mercado, por lo que son importantes para descubrir oportunidades y para anticipar tendencias en los negocios (QAEC, 2013).

El *Benchmarking* es un proceso en el cual se identifican las mejores prácticas en un determinado proceso o actividad para posteriormente analizarlos e incorporarlos a la operativa interna de la empresa.

En el entorno empresarial, “benchmarking” hace referencia a un instrumento de mejora que va mucho más allá de la simple comparación entre empresas o departamentos.

ORÍGENES DEL BENCHMARKING

Los orígenes del benchmarking datan de hace más de 2500 años, cuando el general chino Sun-Tzu habló sobre ser el mejor de los mejores. Precisamente *benchmark* significa algo parecido, ser una marca o una referencia para el resto, permitiendo comparaciones.

Pero los primeros estudios científicos sobre ello no se dieron hasta el siglo XIX, cuando Frederick Taylor estudió por primera vez el Benchmarking. Más adelante, la empresa estadounidense Xerox desarrolló con mayor profundidad el concepto. Ello les permitió abrir fronteras y compararse con la competencia directa, lo que les dio unos resultados muy satisfactorios. Según T. Kearns, director general de Xerox de 1.985 a 1.991, “el Benchmarking es el proceso continuo de medir productos, servicios y prácticas contra los competidores más duros, o aquellas compañías reconocidas como líderes en la industria”.

Sin embargo, el crédito de hacer del *Benchmarking* un término se debe a Robert C. Camp, quien publicó en 1.989 su libro “Benchmarking: The search for industry best practices that lead to superior performance”, donde dio a conocer las experiencias de Xerox. Lo define como “la búsqueda de las mejores prácticas de la industria que conducen a un desempeño excelente”.

El *Benchmarking* fue concebido en los Estados Unidos por el consultor Michael J. Spendolini, autor de “The Benchmarking Book”, quien lo define como “un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones que son reconocidas como representantes de las mejores prácticas, con el propósito de realizar mejoras organizacionales”; y es precisamente en este país donde se ha desarrollado con mucha fuerza este concepto, extendiéndose cada vez en mayor medida al resto de los países.

¿POR QUÉ INSTALAR EL BENCHMARKING?

Al igual que otras herramientas de la gestión de calidad, el *Benchmarking* persigue aumentar los niveles de eficacia y eficiencia de una organización. Entonces ¿qué novedades aporta el benchmarking? ¿Es imprescindible para una organización que ya ha trabajado en sistemas de calidad poner en marcha estudios de benchmarking? La respuesta no es definitiva: una organización debe encontrar aquel sistema de calidad -instrumentos, modos de comunicación con el personal y con los clientes- que mejor se adapte a su cultura y a su forma de trabajar. Y en este sistema de calidad puede estar incluido o no el realizar periódicamente estudios de *benchmarking*. Éstos aportan:

- Un conocimiento de cómo estamos desarrollando un proceso o función.
- Un elemento de motivación del personal.
- Una referencia externa de cómo lo están haciendo otros, por comparación de datos o indicadores de resultados.
- Y lo más importante, un conocimiento de otras prácticas de trabajo.

Todos los elementos anteriores, si se han cubierto plenamente, garantizan que las aportaciones o resultados del estudio de *benchmarking* sean más fáciles de poner en marcha porque:

- El personal está motivado: ha analizado su forma de actuar y ha visto cómo lo hacen otros.
- Se obtienen referencias del exterior, de otras prácticas que son factibles, por lo que la organización no camina a ciegas en la implantación y adaptación de dichas prácticas (QAEC, 2013).

TIPOS O NIVELES DE BENCHMARKING

- **Benchmarking competitivo.** En esta modalidad las compañías, empresas o productos no están interesados en el estudio. La recopilación es complicada porque no es una colaboración, sino una competencia. Este tipo indica medir las funciones o procesos comparándolos con los competidores para ser mejores.

- **Benchmarking cooperativo o colaborador.** En este caso es mucho más fácil porque la empresa está interesada en mejorar su actividad. La cooperación es importante para el desarrollo del *benchmarking*.
- **Benchmarking interno.** Este tipo de *benchmarking* identifica las prácticas de la mejor empresa u organización del sector para extender el conocimiento a otros grupos de la organización. Es el primer paso para después salir al exterior (QAEC, 2013).

ETAPAS DEL BENCHMARKING

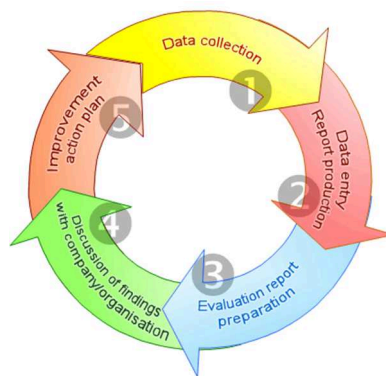


Ilustración 1 – Etapas del benchmarking

Aunque en el *Benchmarking* se podría decir que el ciclo es continuo, podríamos distinguir las siguientes etapas:

- **Planificación.** Cualquier proceso requiere una planificación previa. Es importante la formación de equipo de Benchmarking y la asignación de cada miembro del equipo.
- **Recogida de datos.** Éstos proceden del socio de benchmarking o pueden ser generales, pero deben ser fiables y coherentes con la actividad de la empresa. Es básico para su posterior análisis.
- **Análisis de los datos.** Una vez que toda la información es recogida y su fiabilidad y coherencia es comprobada se puede pasar al análisis de dichos datos. Con ello se pueden comparar, identificar problemas y tratar de aplicar mejoras. Este análisis está dividido en dos etapas:
 - Etapa 1. Determinación de las diferencias actuales. Esta primera etapa consta de una normalización de los datos, tabulación de los mismos, cálculos estadísticos acerca de ellos, cuantificación de la diferencia y

obtención de información sobre prácticas o mejoras en los métodos de trabajo.

- Etapa 2. Identificación de las causas de las diferencias. En primer lugar se analizarán las causas de las diferencias existentes para tratar de mejorar y sobre todo identificar las causas principales de dichas diferencias.
- **Plan de acción.** Primero se realizará un estudio de las alternativas para corregir los aspectos necesarios, y a partir de ahí se establecerán los objetivos de mejora. Se identificarán las diferentes alternativas de acción para lograr dichos objetivos de mejora y se seleccionará la más adecuada.
- **Discusión de acciones de mejora.** Este apartado es un resumen de lo anterior, incluyendo resultados y recomendaciones (Ochoa, ND).

APLICACIONES DEL BENCHMARKING

La característica principal de una herramienta como el *Benchmarking* es aprender de los mejores, observarlos con el objetivo de analizar su actividad para saber qué hacen bien, por qué lo hacen bien y cómo consiguen dichos resultados. Con la comparación de los procesos y actividades propios con los de otras organizaciones consideradas como líderes se obtienen grandes resultados.

Las principales razones para utilizar esta técnica son:

- Es una herramienta eficiente para introducir mejoras. Se pueden utilizar procesos cuya efectividad haya sido comprobada anteriormente o concentrar ideas para mejorar los procesos, ya sea desde el principio o adaptados a los ya existentes.
- Ayuda a introducir las mejoras más rápidamente. El tiempo es una determinante en la competencia, y las empresas buscan hacer las cosas bien y rápido, a lo cual ayuda el *Benchmarking*.
- Con el *Benchmarking* se pretende dar a la organización una ventaja competitiva y una capacidad de superación frente a sus competidores (Trinier, 2002).

EJEMPLOS DE USO DEL BENCHMARKING

- Evaluar resultados de decisiones que se han tomado, considerando otras organizaciones que ya tomaron dichas decisiones anteriormente.

Análisis DEA: eficiencia de los clubs de la Barclays Premier League

- Revisar modelos de organización para considerar posibles reestructuraciones.
- Medir el impacto que tendrían nuevas ideas o indicadores.
- Establecer referencias de número de personas.
- Anticipar posibles impactos.
- Desarrollo de nuevas actividades o productos.
- Planificación estratégica.
- Integración vertical u horizontal.

CONCLUSIÓN

En resumen, el *Benchmarking* tiene una amplia variedad de aplicaciones, pero todas ellas deben seguir los siguientes puntos clave:

- Determinar qué actividades, si se mejoran, permitirán a la empresa obtener un beneficio mayor.
- Determinar los factores clave de estas actividades.
- Identificar las empresas líderes en los aspectos o actividades que se quieren mejorar.
- Estudiar y analizar los planes para tratar de igualar o superar a dichas empresas con el objetivo de colocarse como líderes.
- Obtener el compromiso de todo el equipo para utilizar un plan a seguir y cumplirlo.
- Poner en práctica dicho plan y supervisar en todo momento los resultados obtenidos (Bogetoft y Otto, 2011).



ANEXO C - EFICIENCIA

C. EFICIENCIA

CONCEPTO

La palabra eficiencia aparece en cientos de conversaciones a diario, por lo que no debería ser difícil dar una definición adecuada. Sin embargo, el concepto de eficiencia suele ser mal interpretado, convirtiendo los resultados obtenidos en indicadores totalmente artificiales y, por lo tanto, no válidos.

Si se busca una definición, ésta podría ser “la relación entre un ingreso y un gasto; entre una entrada y una salida; entre un recurso y un producto”. En el caso del DEA esta relación bien podría ser entre un output y un input.

Todo esto en forma matemática sería:

$$Eficiencia = \frac{Output}{Input}$$

EFICIENCIA PRODUCTIVA

El concepto de eficiencia utilizado para dar una valoración a un grupo de empresas es el de eficiencia productiva, que consiste en determinar si cada una de ellas está siendo eficiente desde el punto de vista productivo. Esto quiere decir que una empresa se considerará eficiente si obtiene el máximo rendimiento de los factores productivos que utiliza, sin desaprovechar ninguno de ellos (Parra, ND).

Se puede afirmar que la búsqueda de la eficiencia es la de la combinación más adecuada entre los costes y los beneficios, tratando de buscar la combinación que genere la mayor cantidad de beneficios entre las que tienen el mismo coste, los menores costes entre las que tienen el mismo beneficio o presente la mejor relación proporcional entre ambas (Moreno, 1998).

DIMENSIONES O TIPOS DE EFICIENCIA

Según afirma Farrell (1957), existen tres tipos de eficiencia: eficiencia técnica, eficiencia asignativa y eficiencia económica.

La eficiencia técnica es la más conocida. Intenta analizar los procesos productivos y la organización de las tareas según los inputs utilizados y los outputs producidos. Se conseguirá

una mayor eficiencia técnica con una combinación concreta de los factores de producción (si se trata de un modelo orientado a los outputs) o con la mínima cantidad de factores productivos o de recursos combinados en una proporción dada (si se trata de uno orientado a los inputs). Se considerará una empresa u organización ineficiente si se puede reducir por lo menos el consumo de un factor sin que se incremente el uso de otros factores y sin que varíen las cantidades producidas.

La primera definición de eficiencia técnica fue emitida por Koopmans en 1951, quien afirmó que “un producto es técnicamente eficiente si un incremento de cualquier output requiere una reducción en, al menos, otro output, o un incremento de, al menos, un input, y si una reducción en, al menos, un input requiere un incremento en, al menos, otro input, o una reducción en, al menos, un output”.

Como se puede apreciar en esta definición el concepto de eficiencia técnica está muy relacionado con el concepto de productividad, pero conviene diferenciarlos. Para comprender mejor esta distinción se presenta el siguiente gráfico.

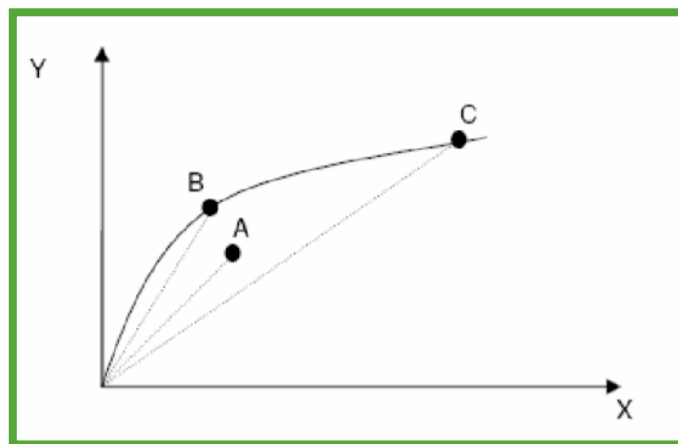


Ilustración 2 – Eficiencia y productividad

En este caso se considera una función de producción con rendimientos decrecientes en el que un único input (X) es utilizado para producir un único output (Y). La frontera de producción representa el máximo output posible para cada nivel de inputs. La empresa (o, en este caso, equipo de fútbol) A no es eficiente técnicamente, pues no está en la frontera, mientras que B y C sí que lo son. Si A pasara a B mejoraría su eficiencia técnica y la productividad de X, mientras que si pasara a C mejoraría la eficiencia, pero disminuiría la productividad. En este pequeño ejemplo se demuestra que no siempre una mejora de eficiencia implica una mejora de productividad y lo mismo sucede al revés. “Cuando observamos que una empresa incrementa

su productividad de un año a otro, la mejora no tiene que haberse producido únicamente por mejoras de eficiencia, puede haber sido debida al cambio técnico o la explotación de economías de escala o de alguna combinación de alguno de estos tres factores” (Coelli, Prasada y Battese, 1995).

La eficiencia asignativa hace referencia a la habilidad para combinar la función de costes (o inputs) y la función de beneficios (u outputs) en proporciones óptimas en función de los precios. Dicho de otra manera, conseguir el mínimo coste al producir un determinado nivel de output cuando se modifican las cantidades de los factores productivos utilizados según sus precios y productividades marginales (Farrell, 1957).

Por último la eficiencia económica es la combinación de la técnica y la asociativa. Aunque los primeros estudios sobre esto los realizaron Koopmans (1951) y Debreu (1951), fue Farrell quien estableció dicha eficiencia.

MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA

EFICIENCIA TÉCNICA

En el caso de la medición de la eficiencia técnica podemos distinguir entre dos modelos: el orientado a los inputs y el orientado a los outputs.

ORIENTADA A LOS INPUTS

En el caso de los inputs, la eficiencia implica la obtención de una determinada cantidad de producto (u output) utilizando la mínima cantidad de inputs o productos necesarios técnicamente. Esto se ilustra en el siguiente gráfico:

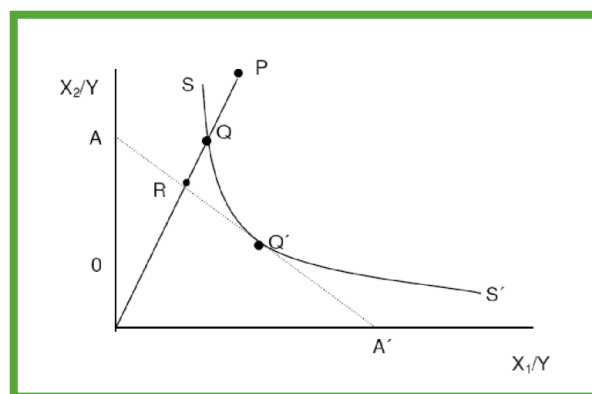


Ilustración 3 – Eficiencia técnica orientada a los inputs

En este caso la empresa ejemplo utiliza dos inputs, X_1 y X_2 , para la producción de un único output, Y , bajo rendimientos constantes a escala y con conocimiento de la función producción.

La línea SS' es una isocuanta que muestra las cantidades de X_1 y X_2 requeridas para conseguir una cantidad de output Y . Los puntos situados por encima utilizan una cantidad superior de inputs y por tanto no serían eficientes.

Si una empresa usara una cantidad determinada de X_1 y X_2 para producir una cantidad determinada de Y (punto P del gráfico), la ineficiencia técnica estaría representada por la distancia PQ , que es la cantidad de inputs que podrían reducirse sin que ello implicara una reducción en la producción u output Y . Por tanto la eficiencia técnica vendría expresada por el ratio OQ/OP , el cual tomará valores entre 0 y 1, indicando el grado de ineficiencia técnica de la unidad estudiada.

Cualquier punto situado sobre la isocuanta sería técnicamente eficiente, como por ejemplo el Q . En caso de tener una unidad ineficiente, dicha unidad podría mejorar su productividad en una proporción $1 - OQ/OP$ para ser eficiente sin alterar el nivel de recursos (Coelli, Prasada y Battese, 1995).

ORIENTADA A LOS OUTPUTS

Este caso es el contrario al anterior, considerando dos outputs, Y_1 e Y_2 , y un único input, X . Estaría representado por el siguiente gráfico:

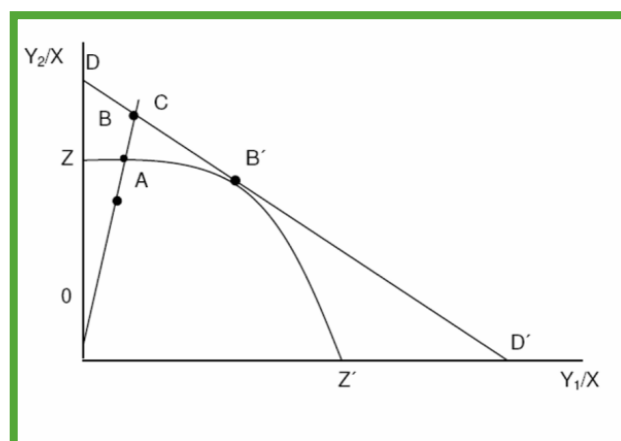


Ilustración 4 – Eficiencia técnica orientada a los outputs

En este caso la empresa u organización A sería ineficiente, mientras que la línea ZZ' representa la curva de posibilidades de producción. La medida de la eficiencia orientada al output se

definiría por el ratio OA/OB , siendo un valor comprendido entre 0 y 1. La distancia AB representa la ineficiencia técnica, y una unidad ineficiente podría incrementar su producción hasta $1 - OA/OB$, sin alterar su nivel actual de recursos para comportarse de manera eficiente.

La diferencia entre un modelo orientado a los inputs y otro orientado a los outputs queda patente en un sencillo ejemplo. Una empresa utiliza un único input, X , para la producción de un único output, Y . La función $f(X)$ representaría los rendimientos decrecientes a escala, la unidad ineficiente sería P , la eficiencia técnica es igual al ratio AB/AP , y la eficiencia técnica con orientación al output viene definida por el ratio CP/CD (Coelli, Prasada y Battese, 1995).

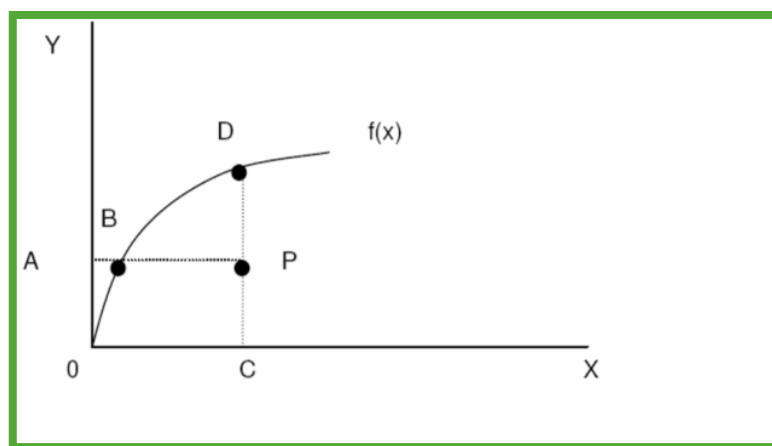


Ilustración 5 – Inputs vs outputs

EFICIENCIA ASIGNATIVA

Este tipo de eficiencia, según Farrell, no sólo implica que se está siendo técnicamente eficiente, sino también que se está utilizando la combinación de inputs que implica un menor coste.

Existe eficiencia asignativa cuando la unidad estudiada minimiza el coste de los servicios que oferta (en el caso de modelo orientado a los inputs) o cuando, dado un determinado volumen de gasto realizado, maximiza el valor de los servicios que se ofrecen (en el caso de modelo orientado a los outputs).

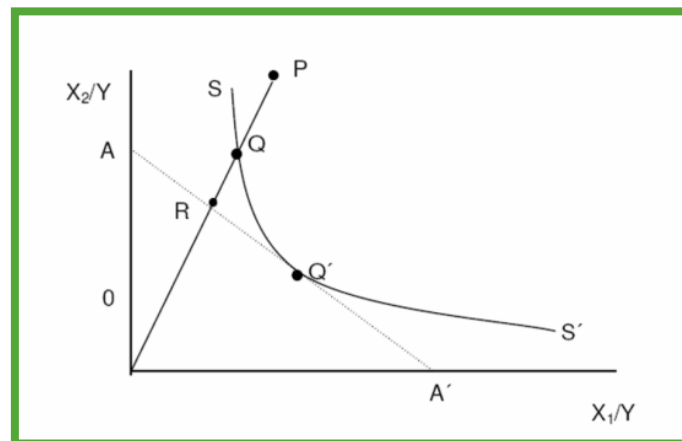


Ilustración 6 – Eficiencia asignativa orientada al input

En el gráfico se puede observar que todos los puntos a lo largo de la línea AA' , que es la isocoste, representan diferentes combinaciones de los inputs X_1 y X_2 , que implican el mismo coste. La eficiencia asignativa en este caso vendría dada por el ratio OR/OQ , suponiendo que la unidad productiva estuviera operando en el punto P . La eficiencia asignativa toma siempre un valor comprendido entre 0 y 1, e indica el grado de ineficiencia asignativa de la unidad que se está analizando.

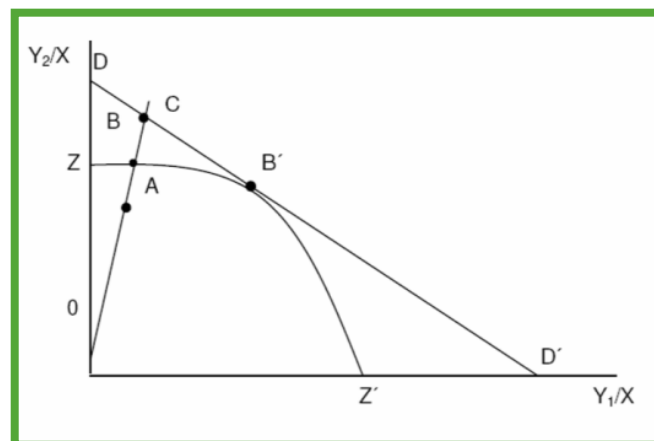


Ilustración 7 – Eficiencia asignativa orientada al outputs

En el caso de eficiencia asignativa orientada al output se puede observar en el gráfico que la línea DD' representa las diferentes combinaciones que implican un mismo coste y que además hacen máximo el valor de los outputs. En este caso el valor de la eficiencia asignativa orientada a los outputs viene dada por OB/OC (Coelli, Prasada y Battese, 1995).

EFICIENCIA ECONÓMICA

La eficiencia económica, también conocida como global, recoge las dos explicadas hasta ahora. Farrell la define como el producto entre la eficiencia técnica y la asignativa.

Si se observan los dos gráficos anteriores, en el caso de orientación a los inputs la eficiencia económica vendría dada por OR/OP . En el caso de orientación a los outputs, se definiría como OA/OC (Coelli, Prasada y Battese, 1995).



ANEXO D - EL MÉTODO DEA

D. EL MÉTODO DEA

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se están desarrollando nuevas técnicas para valorar y determinar la eficiencia con la que actúan diferentes organismos u organizaciones.

La que más influencia está teniendo es el llamado Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis), más conocido como DEA, ya que es la técnica más completa y que mejor analiza los resultados obtenidos. Por ello se utilizará dicho método para la realización de este proyecto, analizando la eficiencia de los equipos de la Barclays Premier League.

EL MÉTODO DEA

El análisis envolvente de datos fue desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978. Es un método determinístico, no paramétrico y que evalúa la eficiencia relativa de un conjunto de unidades productivas homogéneas. Se basó en el trabajo de Farrell en 1957.

Mediante la programación lineal, el DEA compara la eficiencia de un conjunto de unidades que producen outputs similares a partir de unos inputs comunes.

Las unidades de análisis se denominan DMU (Decision Making Unit). En caso de tener solamente una entrada y una salida, el valor de la eficiencia se definiría como:

$$Eficiencia = \frac{Valor\ Salida}{Valor\ Entrada}$$

En caso de tener más de una entrada y/o salida, la fórmula a utilizar sería:

$$Eficiencia = \frac{Valor\ suma\ ponderada\ Salidas}{Valor\ suma\ ponderada\ Entradas}$$

La función objetivo del problema fue definida por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978, y es la siguiente:

$$Max = E_j = \frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \quad \forall j = 1, \dots, n$$

Este método tiene algunas restricciones, siendo las más importantes:

- La eficiencia debe estar comprendida entre 0 y 1.
- Los pesos utilizados deben ser valores no negativos.

(González, ND).

Por tanto el modelo de programación lineal es:

$$\begin{aligned} \text{Max} = E_j &= \frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \\ \text{s. a.} \quad &\begin{cases} 0 \leq \frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \quad \forall j = 1, \dots, n \\ u_r, v_i > 0 \quad \forall r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m \end{cases} \end{aligned}$$

Las DMU serán aquellas con un valor de eficiencia igual a 1, lo que las convertirá en unidades eficientes y en la referencia para el resto de unidades. Estos valores serán los valores de referencia con los que se compararán todas las demás con el objetivo de conocer la intensidad con la que se debe actuar para que las unidades ineficientes dejen de serlo.

Con este método se consigue obtener la frontera de producción, que es la envolvente que se construye con las unidades que han sido detectadas como eficientes entre las evaluadas (es decir, forman parte de la frontera las unidades con un mejor funcionamiento que el resto).

En el momento de seleccionar las muestras se deben tener en cuenta una serie de requisitos. En primer lugar las unidades objeto de análisis deben realizar las mismas tareas y tener objetivos iguales o similares. Además, todas deben operar bajo las mismas condiciones de mercado. Por último, los inputs y outputs característicos deben ser idénticos (excepto en lo referente a sus magnitudes o sus intensidades).

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Según un estudio de Charnes, Cooper, Lewin y Seiford en 1994, las principales ventajas de este método son:

- Caracteriza cada una de las unidades mediante una única puntuación de eficiencia relativa.

- Si se proyecta una unidad ineficiente sobre la envolvente de valores eficientes se consiguen áreas de mejora para cada una de las unidades.
- Permite ajustarse a variables exógenas e incorporar variables categóricas.

Otras ventajas más generales de este método son:

- Es la técnica que mayor información produce a partir de datos de entrada y salida.
- Puede analizar diversos inputs y outputs con pocos requerimientos de información.
- No requiere, desde un principio, establecer una función de relación entre las entradas y las salidas.
- Las unidades comparadas entre sí son similares, por lo que se identifican perfectamente las que requieren mayor atención y las áreas o aspectos de mejora.
- No es necesario que todo esté en las mismas unidades de medición, lo que permite mayor flexibilidad en cuanto a inputs y outputs.
- Es posible considerar variables incontrolables, por lo que el análisis que se obtiene es real y objetivo.
- El análisis DEA genera los valores óptimos para las ponderaciones de las variables para maximizar la eficiencia de cada unidad, por lo que no es necesario especificar los pesos de cada unidad.
- Una vez obtenidos los resultados se pueden determinar los incrementos y reducciones de cada variable para conseguir la eficiencia.

A pesar de ser un método muy completo y con un gran número de ventajas, el método DEA también dispone de algunas desventajas, entre las que se podrían destacar:

- Se debe ser muy cuidadoso para no confundir ruido estadístico con ineficiencia, ya que, al ser un método de carácter determinístico, cualquier alejamiento de la frontera se asocia a un comportamiento ineficiente y no se tiene en cuenta que el proceso productivo es a veces imposible de controlar por su carácter aleatorio.
- No es posible establecer un máximo teórico, ya que no permite obtener una eficiencia absoluta.
- Es difícil asegurar que los resultados son estables.
- A veces puede ser perjudicial el hecho de no requerir información relativa a las ponderaciones, pues podría darse el caso de concluir que una unidad es eficiente y que no lo sea.

- En este método, las unidades eficientes obtienen un valor de eficiencia igual a 1, por lo que se requiere el modelo de supereficiencia para ordenarlas todas ellas.

Otras limitaciones del método DEA, según un informe de Coelli, Prasada Rao y Battese en 1998, son:

- La inclusión de una nueva empresa o de un nuevo input u output no puede redundar en un incremento de las puntuaciones de eficiencias de las empresas ya existentes.
- Si no se dispone de muchas observaciones y sí de muchos inputs y outputs, muchas de las unidades estudiadas aparecerán sobre la frontera DEA.

MODELOS

MODELO CCR

Este modelo fue obtenido por Charnes, Cooper y Rhodes, por lo que se denomina CCR o modelo con rendimientos a escala constante.

El principal objetivo del método DEA es obtener las eficiencias de cada DMU mediante el ratio construido por el cociente entre la suma ponderada de los inputs y los outputs.

La siguiente figura muestra la frontera eficiente, formada por A, B y C, mientras D está fuera y por lo tanto es una unidad ineficiente.

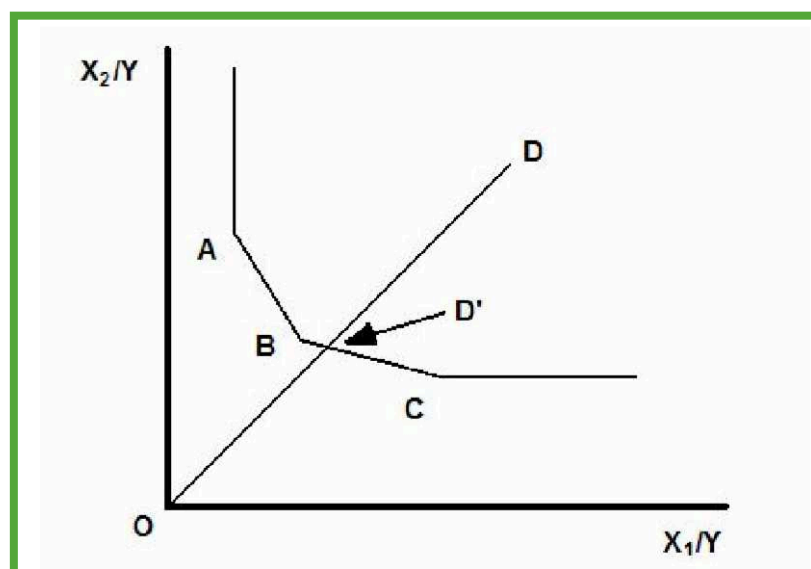


Ilustración 8 – Frontera eficiente

Con este modelo se consiguen medidas radiales de eficiencia, representando el grado en que podría reducirse la combinación de inputs sin disminuir la cantidad de outputs (si está orientado a la entrada) o el grado en el que podría aumentar la combinación de outputs sin variar los inputs (en caso de estar orientado a la salida). Dicho valor estará comprendido entre 0 y 1.

Todo esto suponiendo una sola entrada y salida. En caso de tener más, el modelo de programación lineal utilizado es el siguiente:

Orientación output	Orientación input
Maximizar $\phi_0 = \sum_{r=1}^s U_{r0} Y_{r0}$ s.a.: $\sum_{r=1}^s U_{r0} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_{i0} X_{ij} \leq 0;$ $j = 0, 1, \dots, n$ $\sum_{i=1}^m V_{i0} X_{i0} = 1$ $U_{r0} \geq \varepsilon; r = 1, 2, \dots, s$ $V_{i0} \geq \varepsilon; i = 1, 2, \dots, m$	Minimizar $\phi_0 = \sum_{i=1}^m V_{i0} X_{i0}$ s.a.: $\sum_{r=1}^s U_{r0} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_{i0} X_{ij} \leq 0;$ $j = 0, 1, \dots, n$ $\sum_{r=1}^s U_{r0} Y_{r0} = 1$ $U_{r0} \geq \varepsilon; r = 1, 2, \dots, s$ $V_{i0} \geq \varepsilon; i = 1, 2, \dots, m$

Ilustración 9 – Orientación input y output

MODELO BCC

Este modelo fue descubierto por Banker, Charnes y Cooper en 1984 (de ahí su nombre, BCC). Es más adecuado que el modelo CCR cuando no todas las unidades se encuentran en una escala óptima. Este método relaja el supuesto de los rendimientos constantes a escala, permitiendo que sean variables.

El primer concepto que se debe entender es el de Eficiencia Técnica. La de una DMU puede descomponerse en Eficiencia Técnica Pura y Eficiencia de Escala, siendo:

$$ET = ETP \times EE$$

La ETP es la ineficiencia producida por el empleo inadecuado de los inputs (consumo excesivo de recursos), mientras que la EE representa problemas de dimensión en la DMU (cuando una entidad produce por encima o por debajo de su capacidad productiva).

Este método posee la misma formulación que el modelo CCR pero añadiendo una nueva restricción: $\sum \lambda = 1$.

(Zhu, 2009)



ANEXO E - REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

E. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El Análisis Envolvente de Datos, procedente del término inglés *Data Envelopment Analysis* es una técnica que, basándose en la programación matemática, mide la eficiencia de unidades productivas (De Asís, ND).

La primera propuesta de esta técnica proviene de 1957, obra de Farrell ('The Measurement of productive efficiency'), aunque quienes la desarrollaron y pusieron en funcionamiento fueron Charnes, Cooper y Rhodes en 1978. En sólo 22 años se publicaron más de 3200 artículos basándose en esta técnica (Tavares, 2002).

En los últimos años el análisis DEA se ha aplicado a diversos deportes, midiendo en muchos casos aspectos técnicos y tácticos. En 2002, José E. Boscá publicó dos artículos sobre aspectos técnicos tanto de la liga española como la italiana, siendo pionero en este aspecto. Más adelante, en 2009, publicó otro artículo sobre el mismo aspecto. Más recientemente Julio del Corral (2012) ha publicado un análisis de la eficiencia de los entrenadores de la Primera División española entre 2009 y 2011.

Pero este método de análisis no sólo se ha aplicado al fútbol. Por citar sólo algunos ejemplos, Herbert F. Lewis estudió en 2008 la eficiencia de la Major League Baseball y Plácido Moreno hizo lo propio con la NBA, la liga de baloncesto estadounidense, en 2012.

Pero centrándose en el aspecto económico, tratando a los clubes como empresas, muchos han sido los autores que han tratado de analizar la eficiencia de diferentes ligas, equipos, entrenadores... En 2004 Dieter J. Haas analizó la eficiencia de los equipos alemanes; en 2007 I. M. García Sánchez la estudió en los equipos españoles; en 2009, M. Jardin lo hizo con los equipos franceses; y también en 2009 Carlos Pestana Barros lo aplicó al fútbol brasileño, por citar sólo algunos ejemplos.

Tal y como se ha explicado en la introducción, el fútbol inglés ha tenido un gran crecimiento en los últimos años, por lo que su eficiencia también ha sido objeto de estudio de varios autores, utilizando diversas técnicas económicas (Pestana, 2008; Guzmán, 2007; Pestana, 2006; Samagaio, N.D.; Haas, 2003; Kern, 2012).

La principal diferencia entre estos estudios, dentro de los que lo hacen mediante el análisis DEA, es la elección de los inputs y outputs a estudiar.

Análisis DEA: eficiencia de los clubs de la Barclays Premier League

En las siguientes tablas se muestran ejemplos de estudios DEA analizados antes de la realización de este proyecto para conocer el estado actual de la técnica.

Se indicará el nombre del artículo, su autor, el año e idioma de publicación y los inputs y outputs utilizados.

Número del artículo	Título del artículo	Autor	Idioma	Año de publicación	Inputs utilizados	Outputs utilizados
1	Increasing offensive or defensive efficiency? An analysis of Italian and Spanish Football (Aumentando la eficiencia ofensiva o la defensiva? Un análisis del fútbol español e italiano)	José E. Bosca	inglés	2009	Aspectos técnicos del fútbol	Aspectos técnicos del fútbol
2	Efficiency measurement of the English football Premier League with a random frontier model (Medición de la eficiencia de la Premier League inglesa con un modelo de frontera aleatoria)	Carlos Pestaña Barros	inglés	2008	Coste de la tarea, coste de capital	Ventas, puntos en la tabla y número de espectadores
3	Organizational capability, efficiency, and effectiveness in Major League Baseball: 1901–2002 (Capacidad organizativa, eficiencia y eficacia en la Major League de béisbol: 1901–2002)	Herbert F. Lewis	inglés	2008	Aspectos técnicos del béisbol	Aspectos técnicos del béisbol
4	A network DEA assessment of team efficiency in the NBA (Análisis DEA de la eficiencia de los equipos de la NBA)	Plácido Moreno	inglés	2012	Precio jugadores titulares, precio jugadores suplentes	Número de victorias

Tabla 10 – Revisión bibliográfica 1

Número del artículo	Título del artículo	Autor	Idioma	Año de publicación	Inputs utilizados	Outputs utilizados
5	Efficiency of French football clubs and its dynamics (Eficiencia de los clubes franceses y sus dinámicas)	M. Jardin	inglés	2009	Salario total y población de la ciudad	Número de puntos obtenidos y volumen de negocios
6	Measuring efficiency and productivity in professional football teams: evidence from the English Premier League (Midiendo la eficiencia y la productividad en equipos de fútbol profesional: evidencia de la Premier League)	Isidoro Guzmán	inglés	2007	Coste del staff, sueldos directivos y otros gastos	Número de puntos obtenidos y volumen de negocios
7	Efficiency and effectiveness of Spanish football teams: a three-stage-DEA approach (Eficiencia y eficacia de los equipos de fútbol españoles: una aproximación DEA de tres etapas)	I.M. García Sánchez	inglés	2007	Aspectos técnicos del béisbol	Aspectos técnicos del béisbol
8	Analyzing the Performance of the English F.A. Premier League With an Econometric Frontier Model (Analizando el rendimiento de la Premier League con un modelo de frontera económica)	Carlos Pestaña Barros	inglés	2006	Coste de la tarea y precio de capital	Número de puntos obtenidos, asistencia al estadio y volumen de negocios

Tabla 11 – Revisión bibliográfica 2

Número del artículo	Título del artículo	Autor	Idioma	Año de publicación	Inputs utilizados	Outputs utilizados
9	Efficiency measurement of the English football Premier League with a random frontier model (Medición de la eficiencia de la Premier League inglesa con un modelo de frontera aleatoria)	Carlos Pestaña Barros	inglés	2007	Tres precios	Ventas, puntos en la tabla y número de espectadores
10	Análisis de la eficiencia técnica de los equipos de las ligas de fútbol profesional	José E. Boscá	español	2002	Aspectos técnicos del fútbol	Aspectos técnicos del fútbol
11	Análisis envolvente de datos bajo condiciones de incertidumbre: Aplicación a la liga de fútbol profesional española e italiana	José E. Boscá	español	2002	Aspectos técnicos del fútbol	Aspectos técnicos del fútbol
12	Eficiencia en el deporte: Entrenadores en la Primera División del fútbol español 2009-2011	Julio del Corral	español	2012	Aspectos técnicos del fútbol	Aspectos técnicos del fútbol

Tabla 12 – Revisión bibliográfica 3

Número del artículo	Título del artículo	Autor	Idioma	Año de publicación	Inputs utilizados	Outputs utilizados
13	Applying conditional DEA to measure football clubs' performance: Evidence from the top 25 European clubs (Aplicando un modelo condicional DEA para medir el rendimiento de los equipos de fútbol: evidencia de los 25 mejores equipos de Europa)	George Halkos	inglés	2011	Dinero invertido	Número de trofeos
14	Sporting, financial and stock market performance in English football: an empirical analysis of structural relationships (Mercado económico y financiero del fútbol inglés: un análisis empírico)	Antonio Samagaio	inglés	ND	-	-
15	Productive efficiency of english football teams - a data envelopment analysis approach (Eficiencia productiva de los equipos ingleses: análisis DEA)	Dieter J. Haas	inglés	2003	Salarios totales y salarios de cada entrenador	Número de puntos obtenidos y volumen de negocios
16	Can we be satisfied with our football team? Evidence from Spanish professional football (Podemos estar satisfechos con nuestro equipo? Evidencia del fútbol español)	Francisco González-Gómez	inglés	ND	Número de jugadores por temporada, espectadores por partido, número de temporadas en primera y número de trofeos conquistados	Puntos obtenidos en la liga cada año, número de rondas de Copa disputadas y número de partidos en competición europea

Tabla 13 – Revisión bibliográfica 4

Número del artículo	Título del artículo	Autor	Idioma	Año de publicación	Inputs utilizados	Outputs utilizados
17	Brazilian Football League Technical Efficiency: A Bootstrap Approach (Eficiencia técnica de la liga brasileña de fútbol: análisis Bootstrap)	Carlos Pestaña Barros	inglés	2009	operational cost, total assets and team payroll	number of attendance, total receipts and points in league
18	Technical Efficiency in the English Football Association Premier League with a stochastic cost frontier (Eficiencia técnica de los equipos de la Premier League con una frontera de coste estocástica)	Carlos Pestaña Barros	inglés	2007	-	-
19	Measuring efficiency of german football teams by data envelopment analysis (Midiendo la eficiencia de los equipos de fútbol alemanes por el método DEA)	Dieter J. Haas	inglés	2004	Salario de los jugadores y entrenadores	Número de puntos conseguidos, volumen de negocios y media de espectadores
20	Measuring the efficiency of English Premier League football (Midiendo la eficiencia de la Premier League inglesa)	Alexander Kern	inglés	2012	Coste en salarios y dinero neto de traspasos	Éxito deportivo, volumen de negocios y media de espectadores
21	The impact of a mid-season change of manager on sporting performance (El impacto de cambiar de entrenador a mitad de temporada)	Francisco González-Gómez	inglés	2011	Dinero disponible y media de espectadores	Número de puntos obtenidos y partidos extra

Tabla 14 – Revisión bibliográfica 5



ANEXO F - BASE DE DATOS SELECCIONADA

F. BASE DE DATOS SELECCIONADA

El método DEA, como se ha explicado, necesita una serie de datos de entrada, conocidos como inputs, y unos datos de salida, conocidos como outputs. Es muy importante la correcta elección de todos ellos para que los resultados sean correctos.

INPUTS

Los inputs que han sido estudiados para este proyecto han sido los siguientes:

-Número de habitantes. Los equipos de fútbol hoy en día tienen seguidores a lo largo de todo el mundo, pero sin duda el hecho de que el equipo pertenezca a una ciudad más grande aumenta las posibilidades de ser un equipo con un gran seguimiento, pues muchos aficionados son de la ciudad originaria de dicho equipo.

Los datos han sido obtenidos a través de City Population y se muestran a continuación:

EQUIPO	NÚMERO DE HABITANTES
ARSENAL	9.787.426
ASTON VILLA	2.440.986
CHELSEA	9.787.426
MANCHESTER CITY	2.240.230
MANCHESTER UNITED	2.240.230
EVERTON	816.216
FULHAM	9.787.426
LIVERPOOL	816.216
NEWCASTLE	879.996
NORWICH	121.550
QUEENS PARK RANGERS	9.787.426
READING	232.662
SOUTHAMPTON	304.400
STOKE CITY	239.700
SUNDERLAND	184.342
SWANSEA	169.880
TOTTENHAM	9.787.426
WEST BROMWICH	136.940
WEST HAM	9.787.426
WIGAN	81.203

Tabla 15 – Número de habitantes

-Ganancias obtenidas en el día de partido. El dinero que los clubs de fútbol ingresan por entradas y merchandising cada día de partido es un activo muy importante para su economía. Uno de los periódicos más importantes de Gran Bretaña, The Guardian, mostró, a fecha 31 de Mayo de 2013, los datos que se indican a continuación:

EQUIPO	DINERO MERCHANDISING+ENTRADAS (EUROS)
ARSENAL	179.000.000
ASTON VILLA	59.000.000
CHELSEA	176.000.000
MANCHESTER CITY	128.000.000
MANCHESTER UNITED	211.000.000
EVERTON	73.000.000
FULHAM	61.000.000
LIVERPOOL	109.000.000
NEWCASTLE	79.000.000
NORWICH	62.000.000
QUEENS PARK RANGERS	51.000.000
READING	53.000.000
SOUTHAMPTON	64.000.000
STOKE CITY	53.000.000
SUNDERLAND	58.000.000
SWANSEA	61.000.000
TOTTENHAM	90.000.000
WEST BROMWICH	60.000.000
WEST HAM	70.000.000
WIGAN	49.000.000

Tabla 16 – Ganancias día de partido

-Ganancias netas. Cada año los equipos invierten muchísimo en nuevos jugadores con la esperanza de tener mejores plantillas, además de vender otros tantos porque no les son útiles o porque equipos de mayor presupuesto les ofrecen más dinero o mejores proyectos deportivos. Aquí se muestran las ganancias de cada equipo considerando el dinero ingresado por fichajes y el dinero gastado. Los datos han sido obtenidos de Transfermarkt, una de las páginas con más información económica sobre equipos de fútbol.

EQUIPO	GANANCIAS NETAS
ARSENAL	3.480.000
ASTON VILLA	-21.670.000
CHELSEA	-78.980.000
MANCHESTER CITY	-15.530.000
MANCHESTER UNITED	-53.960.000
EVERTON	-2.550.000
FULHAM	18.850.000
LIVERPOOL	-50.290.000
NEWCASTLE	-15.550.000
NORWICH	-9.420.000
QUEENS PARK RANGERS	-40.330.000
READING	-8.730.000
SOUTHAMPTON	-36.520.000
STOKE CITY	-20.280.000
SUNDERLAND	-20.660.000
SWANSEA	10.670.000
TOTTENHAM	-4.810.000
WEST BROMWICH	-1.120.000
WEST HAM	-16.230.000
WIGAN	2.390.000

Tabla 17 – Ganancias netas

-Remuneración. Entendida como los sueldos totales de cada equipo de la Premier League. En este caso los resultados obtenidos proceden de una de las bases de datos de empresas del Reino Unido más importantes como es Fame. Los datos son los siguientes:

EQUIPO	REMUNERACIÓN (EUROS)
ARSENAL	151.441.000
ASTON VILLA	10.298.000
CHELSEA	176.568.000
MANCHESTER CITY	233.106.000
MANCHESTER UNITED	145.799.000
EVERTON	63.049.000
FULHAM	66.500.000
LIVERPOOL	132.240.000
NEWCASTLE	61.706.000
NORWICH	50.814.000
QUEENS PARK RANGERS	73.265.000
READING	46.171.000
SOUTHAMPTON	43.500.000
STOKE CITY	60.310.000
SUNDERLAND	56.776.000
SWANSEA	48.706.000
TOTTENHAM	96.087.000
WEST BROMWICH	53.977.000
WEST HAM	56.220.000
WIGAN	43.665.000

Tabla 18 - Remuneración

OUTPUTS

-Volumen de negocios. Los equipos de fútbol son empresas que mueven millones de euros por todo el mundo. Es uno de los datos más importantes a tener en cuenta. La base de datos Fame aporta dicho valor de cada uno de los 20 equipos de la liga inglesa de fútbol. Dichos resultados se muestran a continuación:

EQUIPO	VOLUMEN DE NEGOCIOS (EUROS)
ARSENAL	220.246.000
ASTON VILLA	81.684.000
CHELSEA	255.772.000
MANCHESTER CITY	271.000.000
MANCHESTER UNITED	194.442.000
EVERTON	86.397.000
FULHAM	73.015.000
LIVERPOOL	206.115.000
NEWCASTLE	95.879.000
NORWICH	74.733.000
QUEENS PARK RANGERS	105.032.000
READING	59.266.000
SOUTHAMPTON	69.413.000
STOKE CITY	66.516.000
SUNDERLAND	72.026.000
SWANSEA	67.113.000
TOTTENHAM	147.392.000
WEST BROMWICH	69.734.000
WEST HAM	89.815.000
WIGAN	56.413.000

Tabla 19 – Volumen de negocios

-Puntos obtenidos. Por mucho que los equipos de fútbol sean empresas, la clasificación deportiva que obtienen es muy importante. Cuanto mejor vaya el equipo deportivamente, mayor será el seguimiento que dicho equipo tenga, mayor será el número de aficionados que tenga, mayor será su repercusión y por tanto mayores serán sus ingresos. Sin más que observar la tabla de la temporada que está siendo estudiada, 2012/2013, se observan los siguientes resultados:

EQUIPO	PUNTOS OBTENIDOS 2012/2013
ARSENAL	73
ASTON VILLA	41
CHELSEA	75
MANCHESTER CITY	78
MANCHESTER UNITED	89
EVERTON	63
FULHAM	43
LIVERPOOL	61
NEWCASTLE	41
NORWICH	44
QUEENS PARK RANGERS	25
READING	28
SOUTHAMPTON	41
STOKE CITY	42
SUNDERLAND	39
SWANSEA	46
TOTTENHAM	72
WEST BROMWICH	49
WEST HAM	46
WIGAN	36

Tabla 20 – Puntos obtenidos

-Asistencia al estadio. Cuanto mayor seguimiento tenga un equipo, mayores serán sus ingresos. Y uno de los puntos clave es el número de seguidores que acuden al estadio cada dos semanas a animar a su equipo. Según datos del prestigioso diario The Guardian, éstas fueron las asistencias medias a los estadios de la Premier League durante la temporada 2012/2013:

EQUIPO	ASISTENCIA MEDIA AL ESTADIO
ARSENAL	60.079
ASTON VILLA	35.060
CHELSEA	41.435
MANCHESTER CITY	46.974
MANCHESTER UNITED	75.530
EVERTON	36.356
FULHAM	25.394
LIVERPOOL	44.749
NEWCASTLE	50.517
NORWICH	26.672
QUEENS PARK RANGERS	17.779
READING	23.862
SOUTHAMPTON	30.874
STOKE CITY	26.919
SUNDERLAND	40.544
SWANSEA	20.370
TOTTENHAM	36.030
WEST BROMWICH	25.360
WEST HAM	34.720
WIGAN	19.375

Tabla 21 – Asistencia al estadio

-Número de seguidores en Facebook. En los últimos años las redes sociales, con Facebook a la cabeza, han tenido un crecimiento exponencial, y los equipos de fútbol no son una excepción. Las redes sociales son una manera interesante que tienen los equipos de acercarse a sus seguidores. Los jugadores también aprovechan las redes sociales para ser más cercanos a sus seguidores. Cuanto mayor seguimiento tiene un equipo, más afiliados tendrá en las redes sociales, por lo que es una buena medida de la importancia de cada equipo. Fuente: debt.co.uk

EQUIPO	NÚMERO DE SEGUIDORES EN FACEBOOK
ARSENAL	13.941.459
ASTON VILLA	1.187.252
CHELSEA	16.990.308
MANCHESTER CITY	5.399.497
MANCHESTER UNITED	33.432.536
EVERTON	326.180
FULHAM	224.786
LIVERPOOL	12.046.461
NEWCASTLE	383.505
NORWICH	65.040
QUEENS PARK RANGERS	191.197
READING	57.124
SOUTHAMPTON	50.202
STOKE CITY	69.925
SUNDERLAND	75.916
SWANSEA	115.758
TOTTENHAM	1.869.899
WEST BROMWICH	61.896
WEST HAM	313.547
WIGAN	39.818

Tabla 22 – Número de seguidores en Facebook



ANEXO G – RESULTADOS ANÁLISIS DEA

G. RESULTADOS ANÁLISIS DEA

El análisis DEA se ha realizado mediante el uso del programa Matlab. En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis con el modelo CCR orientado a los outputs que ofrece el programa en profundidad.

- La primera columna indica el nombre del equipo.
- La segunda columna indica la eficiencia obtenida mediante dicho método.
- Las columnas entre la tercera y la séptima muestran los valores de inputs y outputs introducidos.
- Las cinco siguientes columnas indican la proyección de dichos inputs y outputs.
- Las veinte últimas columnas indican la relación entre cada una de las DMUs, en este caso entre los veinte equipos de fútbol. Muestran qué equipos son referencia y, los que no lo son, en cuáles tendrían que fijarse para tratar de mejorar sus resultados y tratar de ser eficientes.

EQUIPO	EFICIENCIA	INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT 1	OUTPUT 2	OUTPUT 3	PROYECCIÓN INPUT 1	PROYECCIÓN INPUT 2	PROYECCIÓN OUTPUT 1	PROYECCIÓN OUTPUT 2	PROYECCIÓN OUTPUT 3
ARSENAL	0,9493391	151,441	179	220,246	73	13,941459	141,93133	179	301,796151	109,9731513	13,23517271
ASTON VILLA	1	10,298	59	81,684	41	1,187252	10,298	59	81,684	41	1,187252
CHELSEA	1	176,568	176	255,772	75	16,990308	176,568	176	255,772	75	16,990308
MANCHESTER CITY	1	233,106	128	271	78	5,399497	233,106	128	271	78	5,399497
MANCHESTER UNITED	0,5883895	145,799	211	194,442	89	3,3432536	36,828441	211	292,1241356	146,6271186	4,245935119
EVERTON	1	63,049	73	86,397	63	0,32618	63,049	73	86,397	63	0,32618
FULHAM	0,8479101	66,5	61	73,015	43	0,224786	10,647085	61	84,45294915	42,38983051	1,227497831
LIVERPOOL	1	132,24	109	206,115	61	12,046461	132,24	109	206,115	61	12,046461
NEWCASTLE	0,7470589	61,706	79	95,879	41	0,383505	13,788847	79	109,3734915	54,89830508	1,589710305
NORWICH	0,8738861	50,814	62	74,733	44	0,06504	10,821627	62	85,83742373	43,08474576	1,247620746
QUEENS PARK RANGERS	1	73,265	51	105,032	25	0,191197	73,265	51	105,032	25	0,191197
READING	0,6983074	46,171	53	59,266	28	0,057124	9,2507458	53	73,37715254	36,83050847	1,066514508
SOUTHAMPTON	0,8063681	43,5	64	69,413	41	0,050202	11,170712	64	88,60637288	44,47457627	1,287866576
STOKE CITY	0,9409662	60,31	53	66,516	42	0,069925	20,279059	53	70,16129539	39,52057938	0,815993199
SUNDERLAND	0,8263964	56,776	58	72,026	39	0,075916	10,123458	58	80,29952542	40,30508475	1,167129085
SWANSEA	0,8960766	48,706	61	67,113	46	0,115758	10,647085	61	84,45294915	42,38983051	1,227497831
TOTTENHAM	1	96,087	90	147,392	72	1,869899	96,087	90	147,392	72	1,869899
WEST BROMWICH	0,9520059	53,977	60	69,734	49	0,061896	30,779584	60	77,14693953	46,6482911	0,746076218
WEST HAM	0,8443053	56,22	70	89,815	46	0,313547	12,217966	70	96,91322034	48,6440678	1,408604068
WIGAN	0,8755666	43,665	49	56,413	36	0,039818	8,5525763	49	67,83925424	34,05084746	0,986022847

Tabla 23 – Resultados DEA 1

EQUIPO	REF DMU 1	REF DMU 2	REF DMU 3	REF DMU 4	REF DMU 5	REF DMU 6	REF DMU 7	REF DMU 8	REF DMU 9	REF DMU 10	REF DMU 11	REF DMU 12	REF DMU 13	REF DMU 14	REF DMU 15	REF DMU 16	REF DMU 17	REF DMU 18	REF DMU 19	REF DMU 20
ARSENAL	0	0,575	0,824	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ASTON VILLA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHELSEA	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANCHESTER CITY	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANCHESTER UNITED	0	1,817	0	0,153	0	0	0	0,097	0	0	0	0	0	0	0	0	0,818	0	0	0
EVERTON	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FULHAM	0	0	0	0	0	0,416	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,34	0	0	0
LIVERPOOL	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEWCASTLE	0	0,719	0	0,158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,181	0	0	0
NORWICH	0	0,178	0	0	0	0,403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,245	0	0	0
QUEENS PARK RANGERS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
READING	0	0,253	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,38	0	0	0
SOUTHAMPTON	0	0,357	0	0	0	0,404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,149	0	0	0
STOKE CITY	0	0	0	0	0	0,486	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,195	0	0	0
SUNDERLAND	0	0,035	0	0	0	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,443	0	0	0
SWANSEA	0	0,113	0	0	0	0,703	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,033	0	0	0
TOTTENHAM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
WEST BROMWICH	0	0	0	0	0	0,754	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,055	0	0	0
WEST HAM	0	0,322	0	0	0	0,104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,482	0	0	0
WIGAN	0	0,034	0	0	0	0,462	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,148	0	0	0

Tabla 24 – Resultados DEA 2



ANEXO H - PROGRAMA MINITAB

H. PROGRAMA MINITAB

INTRODUCCIÓN

El programa Minitab (versión 15) es un programa estadístico por el cual se pueden llevar a cabo todo tipo de análisis estadísticos. En este pequeño manual se van a explicar brevemente sus principales funciones además de indicar cuáles se han utilizado para la realización de este proyecto.

MENÚ PRINCIPAL

Al ejecutar el Minitab 15 la pantalla que se encuentra es la siguiente:

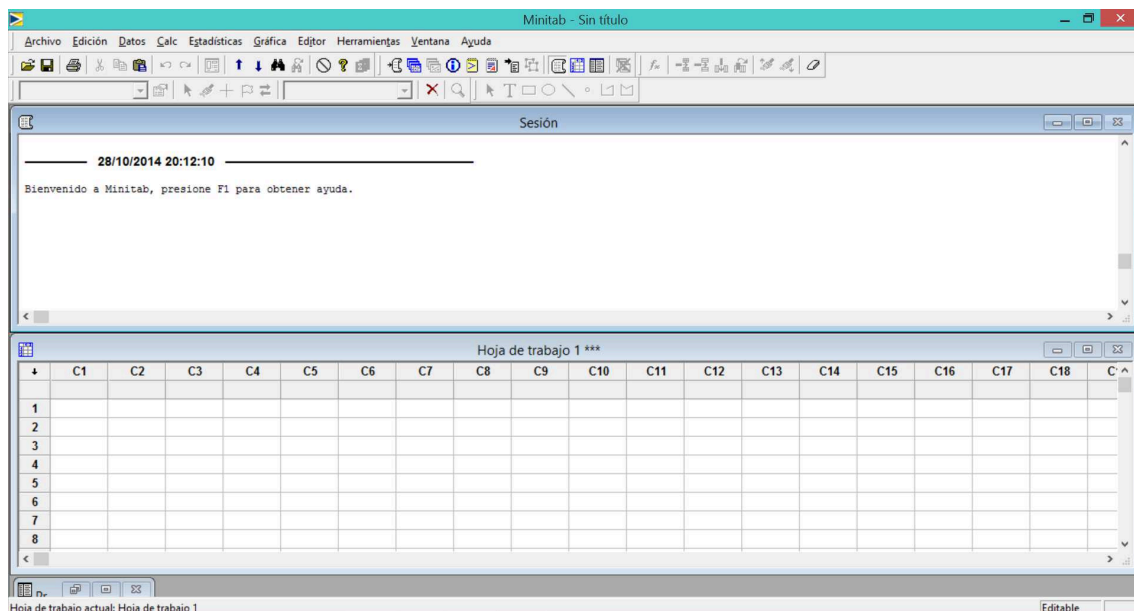


Ilustración 10 – Menú principal

En este caso la versión que ha sido usada está completamente en español, y cabe destacar que el software es gratis los primeros treinta días.

Como puede apreciarse, en la parte de arriba se encuentran los menús típicos de la mayoría de programas de Windows, con menús desplegables como Archivo, Edición, etc.

Después se puede observar una pantalla con el nombre de Sesión, en la cual irán apareciendo los resultados que así solicite el usuario.

En la zona de abajo se encuentra una tabla para introducir los datos que se deseen. Su aspecto es muy similar al de una hoja Excel.

INTRODUCCIÓN DE DATOS

Para introducir los datos que se analizarán existen dos opciones:

- La primera es desplegar el menú Archivo como se ve en la siguiente imagen:

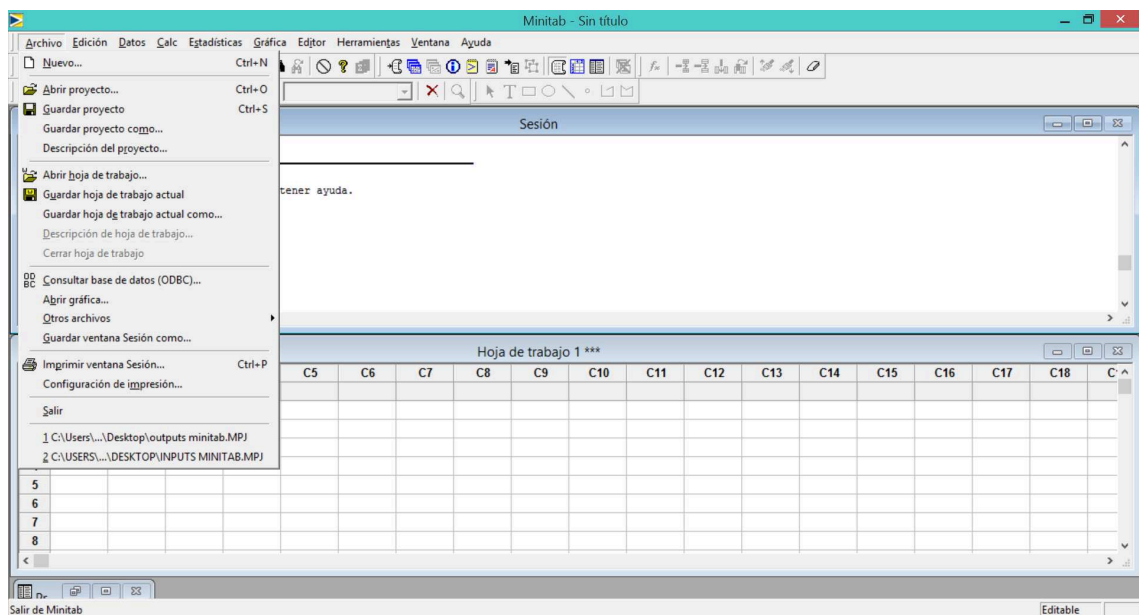


Ilustración 11 – Menú archivo

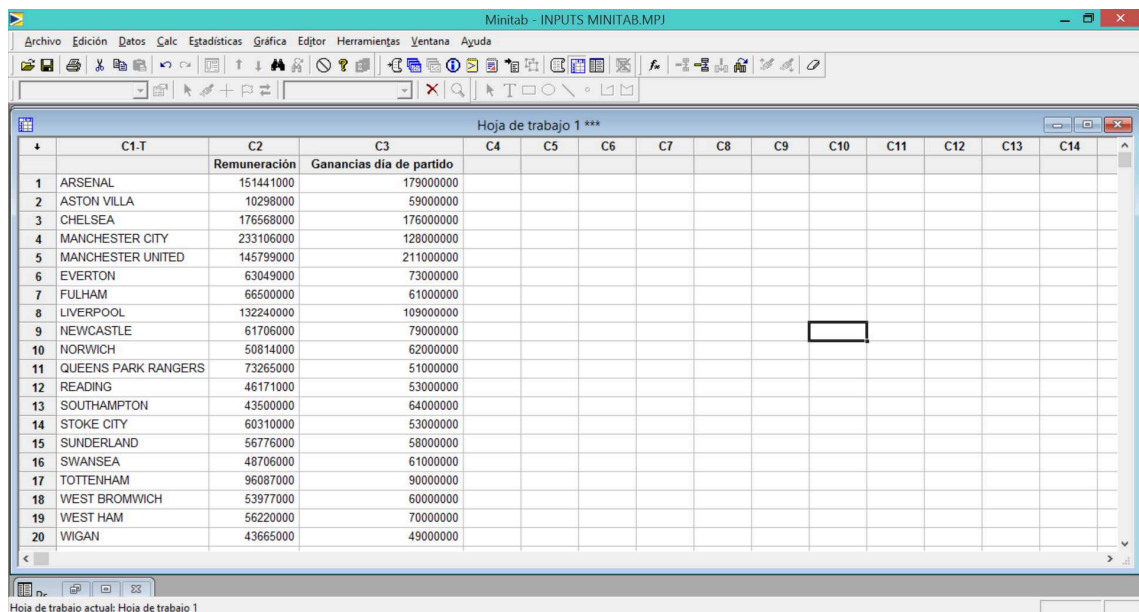
En dicho menú se puede observar la opción de Abrir hoja de trabajo. Ello permite importar directamente los datos de una hoja Excel que esté guardada en el ordenador desde el que se está trabajando.

- La segunda opción consiste en introducir los datos en la Hoja de trabajo propia del programa manualmente.

Con ambas opciones el programa trabajará de la misma manera.

En este caso el método utilizado ha sido este segundo, quedando como se muestra a continuación (a modo de ejemplo se muestran los inputs):

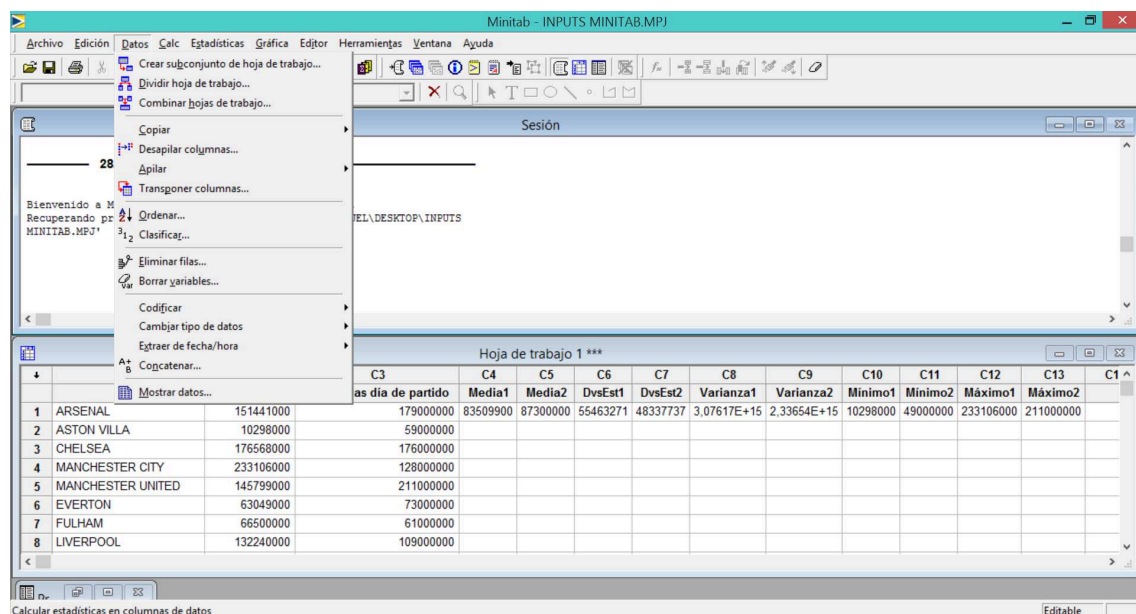
Análisis DEA: eficiencia de los clubs de la Barclays Premier League



	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
		Remuneración	Ganancias día de partido											
1	ARSENAL	151441000	179000000											
2	ASTON VILLA	10298000	59000000											
3	CHELSEA	176568000	176000000											
4	MANCHESTER CITY	233106000	128000000											
5	MANCHESTER UNITED	145799000	211000000											
6	EVERTON	63049000	73000000											
7	FULHAM	66500000	61000000											
8	LIVERPOOL	132240000	109000000											
9	NEWCASTLE	61706000	79000000											
10	NORWICH	50814000	62000000											
11	QUEENS PARK RANGERS	73265000	51000000											
12	READING	46171000	53000000											
13	SOUTHAMPTON	43500000	64000000											
14	STOKE CITY	60310000	53000000											
15	SUNDERLAND	56776000	58000000											
16	SWANSEA	48706000	61000000											
17	TOTTENHAM	96087000	90000000											
18	WEST BROMWICH	53977000	60000000											
19	WEST HAM	56220000	70000000											
20	WIGAN	43665000	49000000											

Ilustración 12 - Ejemplo

El programa ofrece muchas facilidades a la hora de editar dichos datos a través del menú desplegable Datos, tal y como se muestra a continuación:



	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
	as día de partido	Media1	Media2	DvsEst1	DvsEst2	Varianza1	Varianza2	Mínimo1	Mínimo2	Máximo1	Máximo2	
1	ARSENAL	179000000	83509900	87300000	55463271	48337737	3,07617E+15	2,33654E+15	10298000	49000000	233106000	211000000
2	ASTON VILLA	59000000										
3	CHELSEA	176000000										
4	MANCHESTER CITY	128000000										
5	MANCHESTER UNITED	211000000										
6	EVERTON	73000000										
7	FULHAM	61000000										
8	LIVERPOOL	109000000										

Ilustración 13 – Menú Datos

ESTADÍSTICAS

Una vez introducidos los datos se puede proceder al cálculo de los estadísticos deseados. El programa ofrece muchísimas posibilidades en este aspecto. El menú Estadísticas se muestra en la siguiente imagen:

Análisis DEA: eficiencia de los clubs de la Barclays Premier League

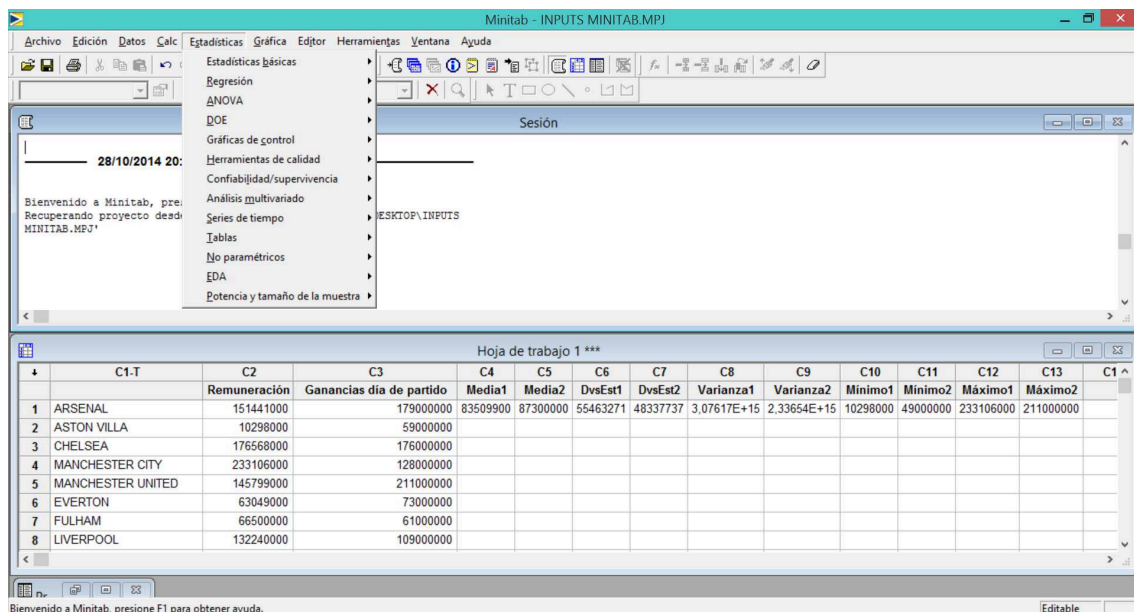


Ilustración 14 – Menú Estadísticas

Como se puede ver en la imagen, el programa permite hacer desde estadísticas básicas (que son las que se utilizarán a lo largo de este proyecto) hasta cualquier tipo de gráfica o regresión, así como análisis multivariado, series de tiempo, etc.

En este caso, las estadísticas que se han calculado son las siguientes:

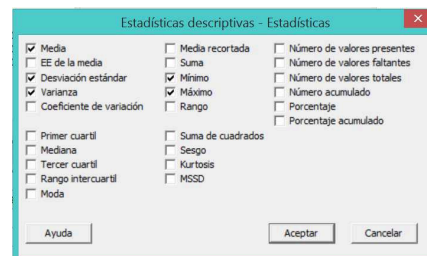


Ilustración 15 – Estadísticas descriptivas

A continuación se explica brevemente cada uno de los conceptos que se han calculado:

- La media aritmética explica el valor característico de un conjunto de datos cuantitativos. Se calcula sumando todos los valores y dividiendo la suma total por el número de sumandos.
- La varianza es una medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media.
- La desviación típica es una medida de dispersión. Se calcula como la raíz cuadrada de la varianza de la variable que se está estudiando.

Análisis DEA: eficiencia de los clubs de la Barclays Premier League

- El mínimo indica el valor más pequeño de todos los que están siendo analizados, mientras que el máximo hace lo mismo con el valor más grande.

A pesar de que sólo han sido incluidos en el análisis los estadísticos mencionados, el programa permite calcular otros muchos como se aprecia en la imagen anterior.

Los resultados se muestran en la misma hoja en la que se han introducido los datos como puede observarse en la siguiente imagen:



	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C1 ^
		Remuneración	Ganancias día de partido	Media1	Media2	DvsEst1	DvsEst2	Varianza1	Varianza2	Mínimo1	Mínimo2	Máximo1	Máximo2	
1	ARSENAL	151441000	179000000	83509900	87300000	55463271	48337737	3.07617E+15	2.33654E+15	10298000	49000000	233106000	211000000	
2	ASTON VILLA	10298000	59000000											
3	CHELSEA	176568000	176000000											
4	MANCHESTER CITY	233106000	128000000											
5	MANCHESTER UNITED	145799000	211000000											
6	EVERTON	63049000	73000000											
7	FULHAM	66500000	61000000											
8	LIVERPOOL	132240000	109000000											

Ilustración 16 - Resultados



ANEXO I - PROGRAMA MATLAB

I. PROGRAMA MATLAB

Uno de los programas más conocidos en el mundo de la ingeniería como es Matlab posee una herramienta para el análisis envolvente de datos.

ASPECTOS GENERALES DE LA HERRAMIENTA

En esta herramienta, cada modelo está definido como una función, a la cual se le conoce con el nombre de linprog. Cada modelo resuelve programas lineales usando tres métodos diferentes: el método simplex, métodos de punto interior o algoritmos primal-dual según se escoja en sus parámetros. Los modelos que se pueden implementar son los siguientes:

MODELO	DESCRIPCIÓN
MULI	En el espacio de los multiplicadores orientado a inputs
MULTO	En el espacio de los multiplicadores orientado a outputs
CCRI	En el espacio de la envolvente orientado a inputs con retornos constantes a escala
CCRO	En el espacio de la envolvente orientado a outputs con retornos constantes a escala
BCCI	En el espacio de la envolvente orientado a inputs con retornos variables a escala
BCCO	En el espacio de la envolvente orientado a outputs con retornos variables a escala
ALLOCATIVE	Eficiencia alocativa, en el espacio de la envolvente sin orientación, para evaluar la eficiencia alocativa y con retornos a escala variables
OVERALL	Eficiencia global, en el espacio de la envolvente sin orientación, para evaluar la eficiencia global y con retornos a escala variables
ADIT	Aditivo, en el espacio de la envolvente sin orientación, con retornos a escala variables
RECI	En el espacio de la envolvente con retornos a escala crecientes y orientado a inputs
REDI	En el espacio de la envolvente con retornos a escala decrecientes y orientado a inputs
RECO	En el espacio de la envolvente con retornos a escala crecientes y orientado a outputs
REDO	En el espacio de la envolvente con retornos a escala decrecientes y orientado a outputs
NDICCR	En el espacio de la envolvente con retornos constantes a escala e inputs no discrecionales

Tabla 25 – Modelos 1

MODELO	DESCRIPCIÓN
NDOCRR	En el espacio de la envolvente con retornos constantes a escala y outputs no discrecionales
NDIBCC	En el espacio de la envolvente con retornos variables a escala e inputs no discrecionales
NDOBCC	En el espacio de la envolvente con retornos variables a escala y salidas no discrecionales
CROSSIA	Eficiencia cruzada en el espacio de los multiplicadores orientado a los inputs con enfoque agresivo
CROSSOA	Eficiencia cruzada en el espacio de los multiplicadores orientado a los outputs con enfoque agresivo
CROSSIB	Eficiencia cruzada en el espacio de los multiplicadores orientado a inputs con enfoque benevolente
CROSSOB	Eficiencia cruzada en el espacio de los multiplicadores orientado a los outputs con enfoque benevolente
SUPERI	Supereficiencia en el espacio de la envolvente orientado a los inputs

Tabla 26 – Modelos 2

ENTRADA DE DATOS

Para utilizar la herramienta DEA de Matlab es necesario introducir los datos en un archivo Excel. Los datos de entrada a introducir varían dependiendo del modelo que se vaya a utilizar.

Para los modelos:

- CCRI
- CCRO
- BCCI
- BCCO
- REDI
- REDO
- RECI
- RECO
- MULI
- MULTO
- ADIT
- SUPERI
- CROSSIA

- CROSSIB
- CROSSOA
- CROSSOB

En la primera hoja Excel (Hoja1) se debe introducir una matriz con las entradas o inputs del problema a estudiar, la cual contiene X filas que corresponden a las X entradas e Y columnas para cada DMU.

En la segunda hoja Excel (Hoja2) se debe introducir la matriz con las salidas u outputs del problema a estudiar, la cual contiene M filas que corresponden a las M salidas e Y columna para cada DMU.

En el caso de que el modelo tenga salidas no discrecionales (modelos NDICCR, NDIBCC, NDOCCR y NDOBCC) se deben introducir estas dos hojas Excel del mismo modo, pero es necesario añadir una tercera hoja Excel que lea el valor de los inputs u outputs no discrecionales.

En el caso de utilizar un modelo con pesos (caso de los modelos ALLOCATIVE y GLOBAL) también es necesario incluir una tercera hoja Excel en la que se incluyan los pesos de cada input y de cada output.

CARGA DE DATOS EN MATLAB

Para cargar los datos en Matlab hay dos opciones. La primera consiste en introducir manualmente los datos en la consola de Matlab. La estructura sería la siguiente:

```
>>entradas=[X1 X2 X3...Xn]
```

```
>>salidas=[M1 M2 M3...Mn]
```

La segunda opción, mucho más sencilla y útil por tener los datos previamente introducidos en Excel, consiste en lo siguiente:

- Una vez iniciado Matlab, buscar en Current Directory la carpeta en la que se encuentran las hojas Excel previamente creadas.
- A continuación, y ya en la consola de Matlab, se debe introducir lo siguiente:

```
>>entradas=xlsread('nombre', 'Hoja1')
```

```
>>salidas=xlsread('nombre', 'Hoja2')
```

APLICACIÓN DEL MODELO

Una vez realizados estos sencillos pasos, los datos habrán sido cargados en la consola de Matlab y estará preparado para aplicar el modelo que se desee.

En la siguiente tabla se muestra la expresión a ingresar en la consola dependiendo del modelo que se quiera utilizar:

MODELO	DESCRIPCIÓN
MULI	[resultados]=MULI(inputs,outputs)
MULTO	[resultados]=MULTO(inputs,outputs)
CCRI	[resultados]=CCRI(inputs,outputs)
CCRO	[resultados]=CCRO(inputs,outputs)
BCCI	[resultados]=BCCI(inputs,outputs)
BCCO	[resultados]=BCCO(inputs,outputs)
ALLOCATIVE	[resultados]=ALLOCATIVE(inputs,outputs,pesos)
OVERALL	[resultados]=OVERALL(inputs,outputs,pesos)
ADIT	[resultados]=ADIT(inputs,outputs)
RECI	[resultados]=RECI(inputs,outputs)
REDI	[resultados]=REDI(inputs,outputs)
RECO	[resultados]=RECO(inputs,outputs)
REDO	[resultados]=REDO(inputs,outputs)
NDICCR	[resultados]=NDICCR(inputs,outputs)
NDOCRR	[resultados]=NDOCRR(inputs,outputs)
NDIBCC	[resultados]=NDIBCC(inputs,outputs)

MODELO	DESCRIPCIÓN
NDOBCC	[resultados]=NDOBCC(inputs,outputs)
CROSSIA	[pesos_entradas_rankia,pesos_salidas_rankia,matriz_cross_a,ranking_agresivo]=CROSSIA(inputs,outputs)
CROSSOA	[pesos_entradas_rankoa,pesos_salidas_rankoa,matriz_cross_a,ranking_agresivo_o]=CROSSOA(inputs,outputs)
CROSSIB	[pesos_entradas_rankib,pesos_salidas_rankib,matriz_cross_b,ranking_benevolente]=CROSSIB(inputs,outputs)
CROSSOB	[pesos_entradas_rankob,pesos_salidas_rankob,matriz_cross_b,ranking_benevolente_b]=CROSSOB(inputs,outputs)
SUPERI	[resultados]=SUPER(inputs,outputs)

Tabla 27 – Descripción del modelo

Una vez ejecutados los modelos, se creará la matriz de salida “resultados”. En el caso de los modelos CCRI, CCRO, BCCI, BCCO, RECI, RECO, REDO, REDI, NDICCR, NDOCCR, NDIBCC y NDOBCC la matriz de salida incluye:

- Primera columna: valor de la eficiencia de dicho equipo
- Siguiendo m+s columnas: valor de los inputs y los outputs
- Siguiendo m+s columnas: proyección de los inputs y los outputs
- Últimas n columnas: conjunto de referencia para cada DMU

En el caso de los modelos MULI y MULTO la matriz de salida contiene el valor de la eficiencia y el valor de los inputs y los outputs.

El modelo ADIT ofrece una matriz de resultados con el valor de los inputs, los outputs y la proyección de ambas, mientras que los modelos ALLOCATIVE y OVERALL añaden a estos valores el “lost-profit”, que es la pérdida en la que incurren las DMU al tener ineficiencias.

Finalmente el modelo SUPERI incluye en la matriz de resultados:

- Las primeras m+s columnas el valor de los outputs y los inputs
- La siguiente columna el valor de supereficiencia
- Por último el conjunto de referencia para cada DMU



ANEXO J - CÓDIGOS

MATLAB

J. CÓDIGOS MATLAB

A continuación se muestran los códigos necesarios en Matlab para ejecutar varios de los modelos posibles. Dado que en este proyecto sólo se ha ensayado el modelo CCR orientado a los outputs, se muestran a modo de ejemplo los dos modelos más comunes, el BCC y el CCR, ambos orientados a los outputs, pero sólo se encuentra explicado el modelo CCR.

MODELO CCR ORIENTADO A LOS OUTPUTS

%MODELO CCR ORIENTADO A SALIDAS

```
function [resultados] = CCROC(entradas, salidas);
```

%número de filas y columnas de las matrices entradas y salidas

```
[m,j]=size(entradas);
```

```
[s,j]=size(salidas);
```

%con este vector se trabaja para llenar las matrices y vectores

```
datos=[j;m;s];
```

%vector correspondiente a la función objetivo, en este caso el único coeficiente que vale menos uno es el de la eficiencia

```
f=zeros(datos(1,1)+1,1);
```

```
f(1,1)=-1;
```

%vector correspondiente a los límites inferiores de las variables de decisión

```
lb=zeros(datos(1,1)+1,1);
```

%sólo la eficiencia es libre

```
lb(1,1)=-inf;
```

%crear vector para almacenar los valores de las funciones objetivo


```
eficiencia_ccro=zeros(datos(1,1),1);
```

```
%crear matriz para guardar los valores de cada lambda para cada DMU
```

```
lambda_ccro=zeros(datos(1,1),datos(1,1));
```

```
%definición de matriz A, que almacenará los coeficientes de las restricciones
```

```
A=zeros(datos(2,1)+datos(3,1),datos(1,1)+1);
```

```
%llenar A con los coeficientes de las restricciones para las entradas
```

```
for entr=1:datos(2,1)
```

```
    for colu=2:(datos(1,1)+1)
```

```
        A(entr,colu)=entradas(entr,colu-1);
```

```
    end
```

```
end
```

```
%llenar A con los coeficientes de las restricciones para las salidas
```

```
for salid=datos(2,1)+1:(datos(2,1)+datos(3,1))
```

```
    for colu=2:datos(1,1)+1
```

```
        A(salid,colu)=-salidas(salid-datos(2,1),colu-1);
```

```
    end
```

```
end
```

```
%este es el ciclo para hallar la eficiencia y los lambda de cada una de las unidades
```

```
for unidades=1:datos(1,1)
```

```
    for salid=datos(2,1)+1:(datos(2,1)+datos(3,1))
```

```
A(salid,1)=salidas(salid-datos(2,1),unidades);

end

definir vector b, el cual almacena los coeficientes del lado derecho de las restricciones

b=zeros(datos(2,1)+datos(3,1),1);

for llenarb=1:datos(2,1)

    b(llenarb,1)=entradas(llenarb,unidades);

end

%llamado a la funcion linprog para obtener los resultados

options=optimset('LargeScale','off','Simplex','on');

[x,fval,exitflag]=linprog(f,A,b,[],[],lb,[],[],options);

%llevar al vector eficiencia_ccro el valor de la función objetivo para cada DMU

eficiencia_ccro(unidades,1)=1/(fval*-1);

%llevar a la matriz lambda_ccro el valor de los lambda para cada DMU

for i=1:datos(1,1)

    if x(i+1,1)<0.001

        lambda_ccro(i,unidades)=0;

    else

        lambda_ccro(i,unidades)=x(i+1,1);

    end

end

end

end
```

```
[hentradas_ccro2,hsalidas_ccro2]=CCRO2C(eficiencia_ccro, entradas, salidas);
```

```
%pasos para la construcción de la matriz resultados
```

```
entradas =entradas';
```

```
salidas=salidas';
```

```
hentradas_ccro2= hentradas_ccro2';
```

```
hsalidas_ccro2=hsalidas_ccro2';
```

```
%calcular la proyección de cada entrada y salida
```

```
proyecciones = zeros (datos(1,1),datos(2,1)+datos(3,1));
```

```
for i=1: datos(1,1)
```

```
    for j=1: datos(2,1)
```

```
        proyecciones(i,j)=entradas(i,j)-hentradas_ccro2(i,j);
```

```
    end
```

```
end
```

```
for i=1: datos(1,1)
```

```
    for j=datos(2,1)+1: datos(2,1)+datos(3,1)
```

```
        proyecciones(i,j)=(salidas(i,j-datos(2,1))*eficiencia_ccro(i,1))+hsalidas_ccro2(i,j-  
datos(2,1));
```

```
    end
```

```
end
```

```
resultados = [eficiencia_ccro,entradas,salidas,proyecciones,lambda_ccro'];
```

```
% la función recibe de CCRO la eficiencia para cada DMU y el path
```

```
function [hentradas_ccro2,hsalidas_ccro2]=CCRO2C(eficiencia_ccro, entradas, salidas);
```

%número de filas y columnas de las matrices entradas y salidas

```
[m,j]=size(entradas);
```

```
[s,j]=size(salidas);
```

%con este vector se trabaja para llenar las matrices y vectores

```
datos=[j;m;s];
```

%crear matrices donde se guardaran los resultados

```
lambda_ccro2=zeros(datos(1,1),datos(1,1));
```

```
hentradas_ccro2=zeros(datos(2,1),datos(1,1));
```

```
hsalidas_ccro2=zeros(datos(3,1),datos(1,1));
```

%crear vector para los coeficientes de la función objetivo

```
f=zeros(datos(1,1)+datos(2,1)+datos(3,1),1);
```

%para f los coeficientes que corresponden a las holguras valen -1

```
for i=(datos(1,1)+1):(datos(1,1)+datos(2,1)+datos(3,1))
```

```
    f(i,1)=-1;
```

```
end
```

% crear vector con el límite inferior de las variables de decisión

```
lb=zeros(datos(1,1)+datos(2,1)+datos(3,1),1);
```

%crear matriz para restricciones de igualdad

```
Aeq = zeros(datos(2,1)+datos(3,1),datos(1,1)+datos(2,1)+datos(3,1));
```

%llenar Aeq con el valor de cada entrada para los lambda

```
for i=1:datos(2,1)

    for j=1:datos(1,1)

        Aeq(i,j)= entradas(i,j);

    end

end

%llenar Aeq con el valor para las holguras de las entradas

j=datos(1,1);

for i=1:datos(2,1)

    j=j+1;

    Aeq(i,j)= 1;

end

%llenar Aeq con el valor de cada salida para los lambda

for i=datos(2,1)+1:datos(2,1)+datos(3,1)

    for j=1:datos(1,1)

        Aeq(i,j)=salidas(i-datos(2,1),j);

    end

end

%llenar Aeq con el valor para las holguras de las salidas

j=datos(1,1)+datos(2,1);

for i=datos(2,1)+1:datos(2,1)+datos(3,1)

    j=j+1;
```

```

    Aeq(i,j)=-1;

end

%evaluar todas las unidades

for unidades=1:datos(1,1)

    %crear el vector del lado derecho de las restricciones de igualdad

    beq=zeros(datos(2,1)+datos(3,1),1);

    % llenar beq con el termino del lado derecho de las igualdades de las entradas

    for i=1:datos(2,1)

        beq(i,1)=entradas(i,unidades);

    end

    %llenar beq con el termino del lado derecho de las igualdades de las salidas

    for i=datos(2,1)+1:datos(2,1)+datos(3,1)

        beq(i,1)=(eficiencia_ccro(unidades,1)*salidas(i-datos(2,1),unidades));

    end

    options=optimset('LargeScale','off','Simplex','on');

    %calcular solución con la función linprog

    [x,fval,exitflag]=linprog(f,[],[],Aeq,beq,lb,[],[],options);

    %llevar a la matriz lambda_ccro2 los valores para cada DMU

    for i=1:datos(1,1)

        lambda_ccro2(i,unidades)=x(i,1);

    end
end

```

%llevar a la matriz hentradas_bcco2 los valores de las holguras para cada entrada, de cada DMU

```
for i=1:datos(2,1)
```

```
    hentradas_ccro2(i,unidades)=x(datos(1,1)+i,1);
```

```
end
```

%llevar a la matriz hsalidas_bcco2 los valores de las holguras para cada salida, de cada DMU

```
for i=1:datos(3,1)
```

```
    hsalidas_ccro2(i,unidades)=x(datos(1,1)+datos(2,1)+i,1);
```

```
end
```

```
end
```

MODELO BCC ORIENTADO A LOS OUTPUTS

```
function [resultados] = BCCOC(entradas, salidas);
```

```
[m,j]=size(entradas);
```

```
[s,j]=size(salidas);
```

```
datos=[j;m;s];
```

```
f=zeros(datos(1,1)+1,1);
```

```
f(1,1)=-1;
```

```
lb=zeros(datos(1,1)+1,1);
```

```
lb(1,1)=-inf;
```

```
Aeq=ones(1,datos(1,1)+1);
```

```
Aeq(1,1)=0;
```

Análisis DEA: eficiencia de los clubs de la Barclays Premier League

```
beq=ones(1,1);

eficiencia_bcco=zeros(datos(1,1),1);

lambda_bcco=zeros(datos(1,1),datos(1,1));

A=zeros(datos(2,1)+datos(3,1),datos(1,1)+1);

for entr=1:datos(2,1)

    for colu=2:(datos(1,1)+1)

        A(entr,colu)=entradas(entr,colu-1);

    end

end

for salid=datos(2,1)+1:(datos(2,1)+datos(3,1))

    for colu=2:datos(1,1)+1

        A(salid,colu)=-salidas(salid-datos(2,1),colu-1);

    end

end

for unidades=1:datos(1,1)

    for salid=datos(2,1)+1:(datos(2,1)+datos(3,1))

        A(salid,1)=salidas(salid-datos(2,1),unidades);

    end

    b=zeros(datos(2,1)+datos(3,1),1);

    for llenarb=1:datos(2,1)

        b(llenarb,1)=entradas(llenarb,unidades);
```



```

end

options=optimset('LargeScale','on','Simplex','off');

[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,[],[],options);

eficiencia_bcco(unidades,1)=fval*-1;

for i=1:datos(1,1)

    if x(i+1,1)<0.001

        lambda_bcco(i,unidades)=0;

    else

        lambda_bcco(i,unidades)=x(i+1,1);

    end

end

end

[hentradas_bcco2,hsalidas_bcco2]=BCCO2C(eficiencia_bcco, entradas, salidas);

entradas =entradas';

salidas=salidas';

hentradas_bcco2= hentradas_bcco2';

hsalidas_bcco2=hsalidas_bcco2';

proyecciones = zeros (datos(1,1),datos(2,1)+datos(3,1));

for i=1: datos(1,1)

    for j=1: datos(2,1)

        proyecciones(i,j)=entradas(i,j)-hentradas_bcco2(i,j);
    
```

```

end

end

for i=1: datos(1,1)

    for j=datos(2,1)+1: datos(2,1)+datos(3,1)

        proyecciones(i,j)=(salidas(i,j-datos(2,1))*eficiencia_bcco(i,1))+hsalidas_bcco2(i,j-
datos(2,1));

    end

end

resultados = [eficiencia_bcco,entradas,salidas,proyecciones,lambda_bcco'];

function [hentradas_bcco2,hsalidas_bcco2]=BCCO2C(eficiencia_bcco,entradas, salidas);

[m,j]=size(entradas);

[s,j]=size(salidas);

datos=[j;m;s];

lambda_bcco2=zeros(datos(1,1),datos(1,1));

hentradas_bcco2=zeros(datos(2,1),datos(1,1));

hsalidas_bcco2=zeros(datos(3,1),datos(1,1));

f=zeros(datos(1,1)+datos(2,1)+datos(3,1),1);

for i=(datos(1,1)+1):(datos(1,1)+datos(2,1)+datos(3,1))

    f(i,1)=-1;

end

lb=zeros(datos(1,1)+datos(2,1)+datos(3,1),1);

Aeq = zeros(datos(2,1)+datos(3,1)+1,datos(1,1)+datos(2,1)+datos(3,1));
    
```

```
for i=1:datos(2,1)

    for j=1:datos(1,1)

        Aeq(i,j)= entradas(i,j);

    end

end

j=datos(1,1);

for i=1:datos(2,1)

    j=j+1;

    Aeq(i,j)= 1;

end

for i=datos(2,1)+1:datos(2,1)+datos(3,1)

    for j=1:datos(1,1)

        Aeq(i,j)=salidas(i-datos(2,1),j);

    end

end

j=datos(1,1)+datos(2,1);

for i=datos(2,1)+1:datos(2,1)+datos(3,1)

    j=j+1;

    Aeq(i,j)=-1;

end
```

```

for j=1:datos(1,1)

    Aeq(datos(2,1)+datos(3,1)+1,j)=1;

end

for unidades=1:datos(1,1)

    beq=zeros(datos(2,1)+datos(3,1)+1,1);

    for i=1:datos(2,1)

        beq(i,1)=entradas(i,unidades);

    end

    for i=datos(2,1)+1:datos(2,1)+datos(3,1)

        beq(i,1)=(eficiencia_bcco(unidades,1)*salidas(i-datos(2,1),unidades));

    end

    beq(datos(2,1)+datos(3,1)+1,1)=1;

    options=optimset('LargeScale','off','Simplex','on');

    [x,fval,exitflag]=linprog(f,[],[],Aeq,beq,lb,[],[],options);

    for i=1:datos(1,1)

        lambda_bcco2(i,unidades)=x(i,1);

    end

    for i=1:datos(2,1)

        hentradas_bcco2(i,unidades)=x(datos(1,1)+i,1);

    end

    for i=1:datos(3,1)

```

```
hsalidas_bcco2(i,unidades)=x(datos(1,1)+datos(2,1)+i,1);
```

```
end
```

```
end
```

(Villegas, ND)



ANEXO K – COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN

K. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN

El coeficiente de correlación de Spearman es una prueba no paramétrica que mide la correlación (asociación o independencia) entre dos variables aleatorias continuas. Para calcularlo, los datos deben ser ordenados y reemplazados por su respectivo orden.

La fórmula se muestra a continuación:

$$\rho = \frac{6 \times \sum D^2}{N \times (N^2 - 1)}$$

D muestra la diferencia entre los estadísticos de orden de x-y, mientras que N es el número de parejas.

En caso de tener más de veinte observaciones cabe la posibilidad de utilizar la distribución estadística de t-Student.

El valor obtenido a través de la fórmula anterior varía entre -1 y 1 y refleja el valor de correlación entre ambos valores. Si el valor es 1, la correlación es máxima, mientras que si es -1, la correlación inversa es la que es máxima.

(Peña, 2008)



BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

BBVA (2014). *La gestión deportiva: el equipo de fútbol como una empresa*. [Online]. Disponible en: <http://www.bbvacontuempresa.es/recursos-humanos/la-gestion-deportiva-el-equipo-futbol-una-empresa>

Bogetoft and Otto (2011). *Benchmarking with DEA SFA and R International Series in Operations Research and Management Science*. Editorial Springer.

Boscá, José E. (2002). *Análisis de la eficiencia técnica de los equipos de las ligas de fútbol profesional*.

Boscá, José E. (2002). *Análisis envolvente de datos bajo condiciones de incertidumbre: Aplicación a la liga de fútbol profesional española e italiana*.

Boscá, José E. (2009). *Increasing offensive or defensive efficiency? An analysis of Italian and Spanish Football (Aumentando la eficiencia ofensiva o la defensiva? Un análisis del fútbol español e italiano)*.

Coelli et al (2006). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Editorial Springer.

Coelli, Timothy J.; Rao, D.S. Prasada; O'Donnell, Christopher J.; Battese, George E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Editorial Springer.

Coll y Blasco (2006). *Evaluación de la Eficiencia mediante el DEA*. Editorial Eumed.

Coll y Blasco (2006). *Frontier Analyst: una herramienta para medir la eficiencia*. Editorial Eumed.

Cooper et al (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis 2nd Edition*. Editorial Springer.

Cooper et al (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Editorial Springer.

Cooper, Seiford and Tone (2000). *DEA a comprehensive text with models applications references and DEA Solve software*. Editorial Springer.

Cooper, Seiford and Tone (2007). *DEA*. Editorial Springer.

Daraio y Simar (2010). *Advanced Robust and Non parametric Methods in Efficiency Analysis Methodology and Applications Studies in Productivity and Efficiency*.

Datos de población disponibles en: <http://www.citypopulation.de/UK-EnglandUA.html>

Datos disponibles en: <http://www.transfermarkt.com>

Datos económicos equipos Premier League. Disponible en: <http://www.debt.co.uk/>

Datos obtenidos de la base de datos Fame.

Datos obtenidos del periódico The Guardian.

De Asís Díez Martín, Francisco (ND). *El análisis envolvente de datos*. [Online]. Disponible en: <http://libros-revistas-derecho.vlex.es/vid/analisis-envolvente-datos-41323268>

Del Corral, Julio (2012). *Eficiencia en el deporte: Entrenadores en la Primera División del fútbol español 2009-2011*. Estudios de economía aplicada Vol 30-2.

Deloitte (2013). *Annual review of football finance 2013*.

Drake L. and Howcroft B. (1994). *Relative Efficiency in the Branch Network of a UK Bank: An Empirical Study*. Omega, p.83-90.

El cronista (ND). *El negocio del fútbol, más que una pasión* [Online]. Disponible en: <http://www.estudiodecomunicacion.com/extranet/el-negocio-del-futbol-mas-que-una-pasion-el-cronista/>

Fare et al (2007). *Aggregation Efficiency and Measurement Studies in Productivity and Efficiency*. Editorial Springer.

Fare y Grosskopf (2005). *New Directions Efficiency and Productivity Studies*. Editorial Springer.

Färe, Grosskopf and Lovell (1994). *Production Frontiers*. Editorial Springer.

FIFA (2014). *Historia del fútbol*. [Online]. Disponible en: <http://es.fifa.com/classicfootball/history/the-game/origins.html>

Freid, Lovell and Schmidt (1993). *The Measurement of Productive Efficiency Techniques and Applications*. Editorial OUP.

Freid, Lovell y Schmidt (2008). *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*. Editorial OUP.

García Sánchez, I.M. (2007). *Efficiency and effectiveness of Spanish football teams: a three-stage-DEA approach (Eficiencia y eficacia de los equipos de fútbol españoles: una aproximación DEA de tres etapas)*.

González, Marcela (ND). *Análisis de eficiencia en organizaciones mediante el Análisis Envolvente de Datos*.

González-Gómez, Francisco (2011). *The impact of a mid-season change of manager on sporting performance (El impacto de cambiar de entrenador a mitad de temporada)*.

González-Gómez, Francisco (ND). *Can we be satisfied with our football team? Evidence from Spanish professional football (Podemos estar satisfechos con nuestro equipo? Evidencia del fútbol español)*.

Guzmán, Isidoro (2007). *Measuring efficiency and productivity in professional football teams: evidence from the English Premier League (Midiendo la eficiencia y la productividad en equipos de fútbol profesional: evidencia de la Premier League)*.

Haas, Dieter J. (2003). *Productive efficiency of english football teams - a data envelopment analysis approach (Eficiencia productiva de los equipos ingleses: análisis DEA)*.

Haas, Dieter J. (2004). *Measuring efficiency of german football teams by data envelopment analysis (Midiendo la eficiencia de los equipos de fútbol alemanes por el método DEA)*.

Halkos, George (2011). *Applying conditional DEA to measure football clubs' performance: Evidence from the top 25 European clubs (Aplicando un modelo condicional DEA para medir el rendimiento de los equipos de fútbol: evidencia de los 25 mejores equipos de Europa)*.

Horrie, Chris (2002). *Premiership: The Uncut History of the FA Premier League*. Pocket Books.

Ingrassia et al (2011). *New Perspectives in Statistical Modelling and Data Analysis*. Editorial Springer.

Jardin, M. (2009). *Efficiency of French football clubs and its dynamics (Eficiencia de los clubes franceses y sus dinámicas)*.

Keilegom and Wilson (2011). *Exploring Research Frontiers in Contemporary Statistics and Econometrics. A Festschrift for Lopold Simar*. Editorial Springer.

Kern, Alexander (2012). *Measuring the efficiency of English Premier League football (Midiendo la eficiencia de la Premier League inglesa)*.

Lewis, Herbert F. (2008). *Organizational capability, efficiency, and effectiveness in Major League Baseball: 1901–2002 (Capacidad organizativa, eficiencia y eficacia en la Major League de béisbol: 1901-2002)*.

Mateo (2010). *Historia del fútbol: enciclopedia para disfrutar de un deporte y sentir una pasión*. Editorial EDAF.

Moore, David S. (2005). *Estadística aplicada básica*. Editorial Antoni Bosch.

Moral, Irene (ND). *Medidas de asociación*.

Moreno Becerra, José Luis (1998). *Economía de la Educación*.

Moreno, Plácido (2012). *A network DEA assessment of team efficiency in the NBA*.

Ochoa Laburu, Carlos (ND). *¿Es el benchmarking una herramienta de aprendizaje organizacional?*

Parra Rodríguez, Francisco Javier (ND). *Análisis de eficiencia y productividad*.

Peña Sánchez de Rivera, Daniel (2008). *Fundamentos de estadística*. Alianza editorial.

Pestaña Barros, Carlos (2006). *Analyzing the Performance of the English F.A. Premier League With an Econometric Frontier Model (Analizando el rendimiento de la Premier League con un modelo de frontera económica)*.

Pestaña Barros, Carlos (2007). *Efficiency measurement of the English football Premier League with a random frontier model (Medición de la eficiencia de la Premier League inglesa con un modelo de frontera aleatoria)*.

Pestaña Barros, Carlos (2007). *Technical Efficiency in the English Football Association Premier League with a stochastic cost frontier (Eficiencia técnica de los equipos de la Premier League con una frontera de coste estocástica)*.

Pestaña Barros, Carlos (2009). *Brazilian Football League Technical Efficiency: A Bootstrap Approach (Eficiencia técnica de la liga brasileña de fútbol: análisis Bootstrap)*.

QAEC (2013). *Informe técnico sobre benchmarking*.

Ramanathan (2003). *An Introduction to Data Envelopment Analysis. A Tool for Performance Measurement*. Publicaciones SAGE.

Ray (2004). *Data Envelopment Analysis Theory and Techniques for Economics and Operations Research*. Edición Cambridge.

Rodríguez, Agustín (2014). *Premier League, el modelo a seguir*. [Online]. Disponible en: <http://www.diariogol.com/es/notices/2014/09/premier-league-el-modelo-a-seguir-43886.php>

Roll, Y., & Gollany, B. (1989). *An application procedure for DEA*.

Samagaio, Antonio (ND). *Sporting, financial and stock market performance in English football: an empirical analysis of structural relationships (Mercado económico y financiero del fútbol inglés: un análisis empírico)*.

Sengupta and Fanchon (2009). *Efficiency Market Dynamics and Industry Growth*. Editorial Palgrave.

Tavares, Gabriel (2001). *A bibliography of Data Envelopment Analysis*. Editorial Universal.

Tripier, Benjamin (2002). *Benchmarking*.

Villegas, Juan G. (ND). *Consola DEA Matlab*.

Yhao et al (2001). *Stochastic Modeling and Optimization with Applications in Queues Finance and Supply Chains*. Editorial Springer.

Zhu (2009). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking DEA with spreadsheets*. Editorial Springer.